
22900317423

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE.

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

DR. OSCAR BREFELD.

I. Heft:

Mucor Mucedo. Chaetocladium Jones'ii, Piptocephalis Freseniana.

Zygomyceten.

Mit 6 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1872.


WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

SEINEM VEREHRTEN LEHRER

HERRN

PROFESSOR DR. A. DE BARY

IN DANKBARER HOCHACHTUNG

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Vorrede.

Unter dem allgemeinen Titel „Untersuchungen über Schimmelpilze" will ich in getrennten, nach einander folgenden Heften die Resultate mehrjähriger, noch fortgesetzter Untersuchungen mittheilen, welche die grosse Gesellschaft kleiner Pilze zum Gegenstande haben, die gewöhnlich kurzweg als „Schimmel" bezeichnet werden.

Die Untersuchungen erstrecken sich speciell über solche Formen des Schimmels, die durch bisherige Studien nicht hinreichend entwicklungsgeschichtlich erkannt und festgestellt wurden und darum vorläufig als systematisch ungeordnetes Material betrachtet werden mussten; bis jetzt genau bekannte und sicher erforschte Pilzformen dienen den Untersuchungen als Grundlage und finden von selbst vergleichende, zur Vollständigkeit nothwendige Berücksichtigung.

Bei der Untersuchung selbst ist nach streng wissenschaftlicher Methode verfahren. Aus der Cultur der einzelnen Spore ist die Entwicklungsgeschichte eines Pilzes lückenlos hergeleitet. Indem dadurch die unvermeidlichen Fehlerquellen der Massencultur ausgeschlossen sind, wird es zugleich möglich sein, die Ergebnisse zu berichtigen, die sich mit ihrer Anwendung bezüglich der Regellosigkeit der Fruchtfolge der Schimmelpilze, ihrer Mitwirkung bei ansteckenden Krankheiten, bei Gährungs- und anderen Zersetzungserscheinungen ergeben haben, und schliesslich die zweifellos bedeutende Rolle, welche sie in der Natur spielen, für die einzelnen wohl unterschiedenen Pilze näher zu präcisiren.

In dem vorliegenden ersten Hefte werde ich, von den Mucorinen ausgehend, drei Pilze — Mucor Mucedo, Chaetocladium Jones'ii und Piptocephalis Freseniana — entwicklungsgeschichtlich und systematisch abhandeln. Sie ergeben sich als Vertreter besonderer Familien einer grossen, hier zuerst neu aufgestellten Gruppe von Pilzen — der Zygomyceten. Durch sie wird in das noch ungeordnete Material der Schimmelpilze zunächst diejenige Klarheit und Uebersicht gebracht werden, die eine spätere specielle und rationelle Behandlung der präcisirten Familien ermöglicht.

Für ein zweites Heft, das ich in ziemlich nahe Aussicht stellen kann, habe ich die Entwicklungsgeschichte des Penicillium crustaceum Fries (P. glaucum Link), des Schimmels par excellence, bestimmt.

Als drittes Heft ist die Monographie der Mucorinen in Vorbereitung, für die seit 2 Jahren Material gesammelt und untersucht ist.

Halle a/d Saale, den 1. August 1871.

Der Verfasser.

Seitdem im Jahre 1729 *Micheli*[1]) das Genus Mucor aufstellte, finden sich in zahlreichen mycologischen Werken und Zeitschriften zerstreut Beschreibungen dieser allverbreiteten formenreichen Fadenpilze. Bei den verschiedenen Autoren, die diese stattlichen Schimmelformen zum Gegenstande eingehender Beobachtung machten, begegnet man, bis in die neueste Zeit hinein, in Beschreibung und den sie begleitenden Abbildungen, sei es dass die Pilze einzeln oder in der Zusammenstellung behandelt sind, nur selten genügender Uebereinstimmung. Wohl wesentlich dürfte der Grund hiervon in der schnellen Entwicklung und der daraus resultirenden Veränderung beruhen, die diese so leicht vergänglichen Organismen in ihrer kurzen Lebensdauer durchlaufen. Je nach den verschiedenen Momenten der Beobachtung muss das Bild eines und desselben Gegenstandes verschieden ausfallen, es entspricht seinem jeweiligen Entwicklungszustande, der weder vor noch nach der Sporenreife, noch auch während derselben für kurze Dauer ein stabiler ist. Es konnte mit Leichtigkeit derselbe Mucor nach verschiedenen Entwicklungsmomenten als Repräsentant einer neuen Art, sogar einer neuen Gattung in der Familie der Mucorinen aufgefasst werden. Zieht man hierzu den grossen Einfluss in Betracht, den das Substrat auf den Pilz ausübt, den es ernährt, wonach dieser uns thatsächlich einmal in seiner ganzen Ueppigkeit, das andere Mal in fast verkrüppelter Gestalt entgegentritt, so haben wir hinreichende Daten, die unerquicklichen Widersprüche erklärlich zu finden, welche die Literatur der Mucorinen aufweist.

Die Untersuchung eines Objectes in blos vorgefundener Form kann hiernach niemals die Grundlage für eine auch nur annähernd richtige Zusammenstellung der Mucorinen abgeben, die doch zunächst das Ziel der Mycologen war; eine darauf

---

[1]) Nova plantarum genera juxta Tournefortii methodum disposita. Florentiae 1729, p. 215.

gegründete Charakteristik muss nothwendig eben so wenig scharf als erschöpfend ausfallen.

Eine weitere umfangreiche und exacte Erkenntniss der Pilze geht von einer neuen Methode der Untersuchung aus, die, eben so einfach in ihrer Idee und Anwendung als weitgreifend in ihren Resultaten, in kurzer Frist einen solchen Umschwung aller mycologischen Kenntnisse nach sich zog, dass diese zur Zeit denen in anderen Gebieten der Botanik wohl kaum nachstehen dürften. Es war der Gedanke *de Bary's*, die Entwicklungsgeschichte der Pilze schrittweise in der Cultur der Sporen bis zum Ausgangspunkte ihrer Fructificationen zu verfolgen, und seinen zahlreichen Untersuchungen mit entscheidendem endgültigen Erfolge liegt dieser Gedanke als leitende Idee zu Grunde. Alle weiteren entwicklungsgeschichtlichen Bestrebungen in der Mycologie knüpfen an den vorhandenen Gedanken an, und jede neue Erforschung kann als die fortgesetzte Anwendung desselben gelten, die nach den verschiedensten Richtungen, auch bei den Mucorinen, von *de Bary* selbst zuerst gemacht ist.

Von der ausgesäeten Spore ausgehend, beobachtete er nicht blos ihre Keimung, aus den Keimschläuchen die Bildung eines Myceliums und aus diesem in seinen Einzelnheiten die Entstehung der ungeschlechtlichen Fruchtträger und Sporangien, in denen man bislang den Charakter der Mucorinen allein begründete; es ergab sich als weiteres und wichtigeres Resultat der Beweis, dass mit diesen Sporangien die Lebensgeschichte der Mucorinen nicht geschlossen ist, dass geschlechtlich erzeugte Fruchtkörper »Zygosporen« den Abschluss bilden. Bereits im Jahre 1829 hat *Ehrenberg*[1]) diese seltsamen Pilzfrüchte als Begleiter der Sporodinia grandis, die bekanntlich im Herbste fleischige faulende Schwämme schmarotzend bewohnt, aufgefunden und unter dem Namen Syzygites megalocarpus als neue Schimmelgattung beschrieben. Kein irgend genetischer Zusammenhang mit anderen Pilzen, nur die Entstehung der grossen Früchte aus einer paarweisen Vereinigung keulenförmiger Fruchtzweige findet sich bei ihm, und wenn auch *Tulasne*[2]) im Jahre 1855 im Wege der Präparation den Zusammenhang des Syzygites mit den sporangientragenden Fäden der Sporodinia grandis nachwies, so blieb

---

[1]) Syzygites, eine neue Schimmelgattung. Verh. d. Ges. der naturf. Freunde zu Berlin 1829. I, p. 98, tab. II und III.

[2]) Note sur l'appareil réproducteur de quelques Mucédinées fongicoles. Comptes rendus, tome XV, p. 617. 1855.

doch die Aufklärung seiner Entwicklung und physiologischen Bedeutung als geschlechtlich erzeugter Fruchtkörper »Zygospore der Sporodinia« ihren Entwicklungscyklus abschliessend, *de Bary* vorbehalten. Ausser dem genauen Verlauf der Bildung der Zygosporen der Sporodinia beschreibt er in seinem Aufsatze über Syzygites megalocarpus[1]) ihre Keimung[2]), und diese Arbeit, an die sich bald darauf eine zweite über Mucor stolonifer anschloss[3]), enthält das für die Kenntniss der Mucorinen grundlegende Resultat. Die Entwicklungsgeschichte der Sporodinia grandis wurde hiernach zum Schlusse der Abhandlung folgendermassen präcisirt:

»Syzygites ist ein Hyphomycet mit zweierlei Fructificationsorganen, welche sich der Regel nach auf jeweils besonderen Trägern aus demselben Mycelium entwickeln, und zwischen welchen theils ein regelmässiger Generationswechsel, theils eine minder regelmässige Succession besteht. Die eine Fruchtform wird durch Zygosporen dargestellt, welche den Ehrenberg'schen Syzygites speciell charakterisiren. Sie entstehen der Regel nach durch einen ächten Copulationsprocess sind daher den Oosporen verwandter Thallophyten an die Seite zu stellen. Die andere Fruchtform ist eine durchaus geschlechtslose; die Fortpflanzungszellen. welche sie erzeugt, sind daher als Sporen, die Hyphen, auf welchen sie gebildet werden, als Sporenträger zu bezeichnen. Letztere, *Link's* Sporodinia grandis darstellend, bilden auf den Spitzen ihrer Enddichotomien kugelige, vergängliche Sporenmutterzellen, in welchen die Sporen wie bei Mucor entstehen, und gleichen den Sporenträgern der Mucorarten so vollständig, dass sie für sich allein von diesen kaum generisch getrennt werden dürften. Der keimenden Zygospore entsprossen unmittelbar einer bis einige Fruchtträger; aus der keimenden Spore entwickelt sich ein Mycelium, welches entweder zuerst Zygosporenträger und nachher zwischen und ringsum diese Sporenträger erzeugt, oder wohl auch beiderlei Fruchtträger in der umgekehrten Aufeinanderfolge bilden kann.«

Zu Gunsten dieser, später bei Mucor stolonifer[4]) für die Mucorinen über-

---

[1]) Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze von *A. de Bary*. 1. Reihe, Syzygites megalocarpus p. 75—88, Frankfurt a. M. 1864.

[2]) Die Keimung ist im Jahre 1864 auch von *Schacht* beobachtet worden: Ueber den Dimorphismus der Pilze. Abh. des natur-hist. Vereins für die Rheinlande und Westfalen, 1864, p. 45.

[3]) 2. Reihe. Mucor sholonifer p. 25—32. 1866.

[4]) 2. Reihe der Beiträge p. 32.

haupt als wahrscheinlich ausgesprochenen Auffassung sprechen *Tulasne's*[1]) Mittheilung über die von ihm gefundenen Zygosporen des Mucor fusiger und die blosse Beschreibung zweier Syzygites von *Hildebrand*[2]).

Bei sonstigen bekannten Mucorinen ist der Weg für weitere Untersuchung in begonnener Richtung offen geblieben. Diese würde an sich wenig dringlich und wichtig erscheinen, wenn nicht viele Mycologen, den von *de Bary* vorgezeichneten Untersuchungsgang und die daraus gewonnenen Resultate verkennend, gerade die Mucorinen als Material für Forschungen verwertheten, von denen für eine angestrebte Erkenntniss der Schimmelpilze und deren Systematik eher Verwirrung als Klarheit entspringt, aus denen ferner, wenn sie richtig wären, hervorginge, dass die Schimmelpilze in bunter Fruchtfolge den bekannten Generationswechsel der pleomorphsten Pilzgruppen noch weit überträfen.

Gegenüber diesen Bestrebungen und ihren Einflüssen bezweckt die vorliegende Arbeit zunächst die Beantwortung der Frage:

Ist mit dem Entwicklungsgange, wie er für Sporodinia grandis von *de Bary* festgestellt wurde, der Generationswechsel der *übrigen* Mucorinen thatsächlich vorgezeichnet und geschlossen, oder gehören noch weitere ungeschlechtliche Fruchtformen, namentlich *Conidien* hinzu? — Es wird zu diesem Zwecke eine eingehende Untersuchung einzelner Mucorinen mit Hülfe der Culturmethode entwicklungsgeschichtlich durchzuführen sein.

Die im Verlaufe der Culturen der einzelnen Mucorinen hervortretenden durchgreifenden Charaktere, welche in fortgesetzter Cultur immer *typisch* wiederkehren und also ausserhalb der *inconstanten*, nur im speciellen Falle durch untergeordnete Einflüsse bedingten Eigenschaften liegen, sollen als zweite Aufgabe die Grundlage für eine spätere specielle systematische Behandlung der Mucorinen abgeben.

Hieran schliesst sich von selbst die dritte und wichtige Fragestellung nach der systematischen Stellung der Mucorinen im Pilzsysteme überhaupt. — Gerade den Mucorinen fehlt es an einem engeren Anschlusse an die

---

[1]) Note sur les phénomènes de copulation que présentent quelques champignons: Annales des sciences, tom. VI, p. 213. 1866. cinquième série.

[2]) *Pringsheim's* Jahrbücher VI, p. 270.

wohl classificirbaren typischen Gruppen der Pilze, und wohl hierin dürfte die bislang bestehende Unsicherheit über die Grenzen dieser Familie und eine vielfach hervortretende Einsicht über die Unvollständigkeit unserer derzeitigen Kenntnisse der Mucorinen ihren Grund haben. Die Lücke würde ausgefüllt sein, wenn es gelänge die Mucorinen aus ihrer Isolirung zu befreien und in anderen bislang nicht genau untersuchten Fadenpilzen den ungezwungenen Uebergang zu finden, in dem die Mucorinen ihren Anschluss im System finden.

Hiermit wird die Aufgabe den Mucorinen im Engeren entrückt und in das weitere Gebiet der Schimmelpilze übertragen.

Zur Erläuterung der eingeschlagenen Culturmethode will ich vorab bemerken, dass es sich bei derselben um keinerlei künstlich construirte Apparate handelt, wie sie von *Hoffmann* in seiner Dunströhre[1]) zur Reincultur und von *Bail* in seinem Pilzkasten[2]) beschrieben und empfohlen worden. Zur Cultur dient der Objectträger, als Culturflüssigkeit ein Tropfen frisch bereiteten Pferdemistdecoctes[3]), zum Ausgangspunkte der Untersuchung die einzelne Spore; der Objectträger mit der Cultur findet unter einer mit Wasser abgesperrten Glocke auf einem kleinen Zinkblechgestelle Schutz und Unterkommen.

Der Versuch eine historische und kritische Behandlung der vorhandenen Literatur der Mucorinen zur Orientirung vorauszuschicken, wurde vorerst auf das

---

1) Compt. rend. 1865. LX. Nr. 13. p. 633. Ferner: *Dinglers*, polytechn. Journal 1865. H. 3 p. 241. Endlich: Botanische Zeitung 1865. Mycologische Berichte von *H. Hoffmann* p. 348 u. 349.

2) Separatabdruck aus dem Osterprogramm der Realschule zu Danzig 1867. p. 29.

3) Zur Darstellung des Mistdecoctes übergiesst man frischen Mist mit wenig Wasser, so dass er zu einem dicken Breie wird. Nach halbstündiger gleichmässiger Erhitzung unter dem Kochpunkt kocht man ihn einmal auf und filtrirt nach mehrstündiger Erkaltung durch ein doppeltes Filter, auf das man die zuerst durchgelaufene Hälfte der Flüssigkeit zurückgiesst, weil sie nicht hinreichend rein ist.

Es ist nothwendig, Mist von Pferden zu nehmen, die fast ausschliesslich mit Hafer gefüttert werden. Das Decoct muss frisch verwendet werden, weil ein Theil der stickstoffhaltigen Nährmittel, z. B. Harnstoff, sich schnell zersetzen. Lange andauerndes Kochen wirkt ebenfalls nachtheilig; endlich darf ein Decoct, das älter ist als einen Tag, nicht mehr angewendet werden. Ohne Berücksichtigung dieser angegebenen Details für die Bereitung der Culturflüssigkeit, von deren klarer haltbaren Beschaffenheit das Gelingen der Kulturen abhängt, wird eine Züchtung dieser Pilze auf Objectträgern nie zum sicheren Abschluss zu führen sein. Beim Auftreten von Bacterien, denen die Culturen sehr ausgesetzt sind, kann man sie nur gleich beseitigen, es wird aus ihnen nichts, offenbar durch den zersetzenden Einfluss, den diese Organismen auf ihr Substrat ausüben.

Angegebene beschränkt, weil sich herausstellte, dass dieser Zweck verfehlt und zu viel Raum damit ausgefüllt werden würde; bei der Behandlung der einzelnen Mucorinen dürfte das Nöthige eine geeignetere Stelle finden.

Für den ersten Angriff schien mir kein Object geeigneter zu sein als der Mucor Mucedo, der verbreitetste der Mucorinen.

Mucor Mucedo.

Auf den Mucor Mucedo laufen in neuester Zeit so viele Untersuchungen hinaus, und über ihn sind so viele widersprechende Resultate mitgetheilt, dass man in der That in Zweifel gerathen kann, ob er sich in seiner Lebensgeschichte den übrigen Mucorinen anreiht, oder ob er nicht vielmehr den vollkommneren formenreicheren Typus eines Mucor darstellt, nach dem unsere Kenntniss der Mucorinen, auch der bekannten, erhebliche, noch zu ergänzende Lücken zeigen würde. In der Morphologie und Physiologie der Pilze von *de Bary* findet sich die Verzeichnung der Formen- und Entwicklungsreihe von Mucor Mucedo, wie folgt, zusammengestellt.

»Eine anscheinend regellose Pleomorphie der Fortpflanzungsorgane findet sich bei Mucor Mucedo, deren genauere Kenntniss wir *Woronin* verdanken. Zygosporen sind von Mucor Mucedo noch nicht gefunden worden. Aus seinem Mycelium erheben sich zuerst einfache oder mit einigen zerstreuten Zweigen versehene, verschieden starke Fruchtträger mit terminalen kugeligen Sporangien, die eine grosse Columella besitzen und ovale farblose Sporen bilden. Sehr oft bleibt es bei dieser Bildung, in anderen Fällen aber treten später aus dem Mycelium Fruchthyphen hervor, welche kurze, überaus reich dichotom verzweigte Aestchen treiben und auf Enddichotomien dieser wiederum kleine kugelige, der Columella entbehrende Sporangien, ‚Sporangiolen mit 2 bis wenigen Sporen entwickeln. Die sporangiolentragenden Zweige entspringen entweder an den Seiten eines Fruchtfadens, der mit einem grossen Sporangium endigt, einzeln oder in Wirteln, die dem blossen Auge als weisse, kaum stecknadelkopfgrosse Kügelchen erscheinen; seltener nehmen sie das Ende der Fruchthyphe ein, und diese entbehrt dann des grossen Sporangiums. Die sporangiolentragende Form ist unter den Namen Thamnidium elegans Lk. und Ascophora elegans Corda beschrieben

und abgebildet. Bei dem auf Mist wachsenden Mucor Mucedo tritt zuletzt, wenn die Sporangien und die Sporangiolenbildung nachlässt, eine dritte Form von Fruchtträgern aus dem Mycelium hervor, die als Conidienträger bezeichnet werden soll und von *Berkeley* und *Broome*[1]) zuerst als Botrytis Jonesii, von *Fresenius*[2]) unter dem Namen Chaetocladium beschrieben worden ist. Es sind aufrechte schlanke Schläuche, die auf einer Höhe von 5—6 Millim. einen oder einige in geringen Abständen über einander stehende Wirtel von 2 bis 6 abstehenden Aesten tragen. Diese Aeste erster Ordnung tragen etwa in ihrer Mitte durchschnittlich die wiederum wirtelig gestellten secundären Zweige, deren jeder in seiner Mitte abermals zwei bis drei Wirtelästchen trägt. Die Enden der Zweige zweiter und dritter Ordnung laufen meistens in pfriemenförmige Spitzen aus, die Zweige der dritten Ordnung aber tragen wiederum unter der Spitze einen Wirtel von 3 und mehr kurzen Aestchen, deren jedes 3—15 und 20 kugelige Sporen — Conidien — simultan abschnürt. Sporangien und Sporangiolen sind auf den Conidienträgern niemals gefunden. — Bei genau controlirten Aussaatsversuchen keimten alle drei Sporengattungen mit Schläuchen, aus denen ein reichästiges Mycelium mit Sporangien nnd Sporangiolen erwuchs. Dasselbe war bei einer vierten Form von Organen der Fall, die 1838 von *Berkeley*[3]) und neuerdings von *Bail*[4]) und *Zabel*[5]) beschrieben sind und Brutzellen heissen mögen. An alten Mycelien nämlich, oder an solchen, wo durch mangelhafte Ernährung, Luftabsperrung und dergleichen die Sporenbildung gehindert wird, grenzen sich kurz-cylindrische, mit homogenem Plasma dicht erfüllte Stücke durch Querwände zu besonderen Zellen ab. Diese behalten cylindrische Gestalt oder schwellen zu Ei- oder fast Kugelform an. Sie entstehen einzeln oder reihenweise, entweder in der Continuität der Fäden oder den Zweigenden; wo letzteres der Fall ist, stellen sie oft lange, einfache und verästelte rosenkranzförmige Reihen dar, deren Glieder verbunden bleiben oder sich schliesslich von einander trennen.«

Für eine weitere Conidienform, die *Fresenius*[6]) zuerst fand, und die von

---

1) Ann. Mag. of Nat. history. 2 S. Vol. 13. pl. XV. 1854.

2) Beiträge zur Mycologie. 3. Heft. p. 97.

3) Magaz. of Zool. and Botan. Vol. II. p. 340. 1838.

4) Flora 1857. p. 417.

5) Einiges über die Gonidien der Pilze. Mélanges biolog. St. Petersburg. T. III.

6) Botanische Zeitung 1864. p. 154.

Woronin und *de Bary*[1]) Piptocephalis Freseniana genannt wurde, die nie anders als in Begleitung von Mucor Mucedo angetroffen wurde, blieb die Zugehörigkeit zu ihm in Unkenntniss der Entwicklungsgeschichte vorläufig zweifelhaft; hingegen erwiesen sich die von *Coemans*[2]) gefundenen, dem Mucor Mucedo und Mucor stolonifer zugerechneten Pycniden als selbständige Organismen[3]), die im Aeusseren grosse Aehnlichkeit mit einem Mucor haben und häufig mit ihm gemeinsam vorkommen.

Ausser diesen Beobachtungen hat *Hoffmann*[4]) den genetischen Zusammenhang des Mucor Mucedo mit Saprolegnia und Empusa gefunden. *Bail*[5]), der die Priorität dieser Entdeckung für sich beansprucht, nimmt ausser Saprolegnia und Empusa noch Penicillium, Hefe und andere Schimmelpilze mit in diesen Bund auf. Nach noch weiter gehender Forschung würde man nicht blos im Leibe der Cholerakranken die Entwicklung des Mucor zu suchen haben, es würden überhaupt die Mehrzahl der Pilze von ihm als ersten Urheber abstammen.

Von den letzten Annahmen, wornach z. B. ein Pilz, den man ob seiner Verbreitung mit jedem Bissen Brod massenhaft in den Leib einführt, die Ursache einer ansteckenden Krankheit sein soll, kann hier ganz abgesehen werden. — Ferner ist die *Bail*'sche Angabe der Mitwirkung des Mucor bei der Fliegenkrankheit[6]) mit seiner Freisprechung erledigt, die Hefe[7]) als selbständiger Pilz erwiesen, und auch für Penicillium ist nach einer in der Hauptsache abgeschlossenen Untersuchung das Ende gesellschaftlichen Nothstandes und Zwanges, den es so lange ertrug, bereits in der Vorrede angekündigt worden. (Ich will

---

1) Beiträge. II. Reihe Mucor Mucedo p. 23 u. 24.

2) *Coemans.* Spicilège mycologique. Extrait des bulletins de l'Académie royale de Belgique II. série. tome XVI. Nro. 8.

3) *O. Brefeld.* Dictyostelium mucoroides. Abhandl. der Senkenberg. Naturf. Gesellschaft Band VII,

4) *H. Hoffmann.* Ueber Saprolegnia und Mucor. Botanische Zeitung 1867 Nro. 44 und 45. Ferner Icones anal. fung. S. 189.

5) *Bail.* Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Königsberg 1860 S. 253 und 258; ferner Hedwigia 1867 Nro. 12; Frankfurter Naturforscher-Versammlung 1867; ferner Dresdener Naturforscher-Versammlung 1868; endlich noch Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen. Danzig 1867.

6) *O. Brefeld.* Untersuchungen über die Entwicklung der Empusa Muscae und Empusa radicans. Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Band XII.

7) *M. Reess.* Botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze. Leipzig bei Arthur Felix 1870.

im Interesse der vorliegenden Arbeit schon hier kurz angeben, dass Penicillium die ungeschlechtliche Fruchtform eines neuen, entwicklungsgeschichtlich merkwürdigen und systematisch wichtigen Ascomyceten ist, den man trotz seiner Häufigkeit bisher ganz übersehen hat)[1]).

Für unsere Untersuchung knüpfen wir an die vorhin angegebenen, von *Woronin* und *de Bary*[2]) nach exacter Methode gewonnenen Resultate an (die auch neuerdings *Zimmermann*[3]) in ihrem ersten Theile bestätigt) und suchen die Hauptfrage bezüglich der Conidien des Mucor Mucedo durch Auffindung seiner Zygosporen zu entscheiden.

Zuvor wird es nicht überflüssig sein, dem Entwicklungsgange dieses Mucor nach unserem Programme speciell mit Rücksicht auf alle bisher ausser Acht gelassene Einzelnheiten zu folgen, um daran einerseits den noch nicht hinreichend präcisirten Gattungscharakter von Mucor im Gegensatze zu Pilobolus, anderseits seine Eigenthümlichkeiten als Species seinen Verwandten gegenüber scharf zu kennzeichnen. Dem Mangel an Charakteristik nach beiden Richtungen ist es zweifellos zuzuschreiben, dass man weder über die Gattung noch über die Art völlig im Klaren ist, bald aus Mucor mehrere Gattungen, bald aus diesem mitsammt dem Pilobolus eine einzige macht, und schliesslich den Begriff des Mucor Mucedo so gedehnt hat, dass darunter ein grosser Theil der Mucorinen begriffen sein kann. (Siehe die Literatur am Ende der Abhandlung über Mucor Mucedo.)

Der Mucor Mucedo kommt in der Natur auf den verschiedensten Substraten vor. Es wird kaum eine der Zersetzung preisgegebene organische Materie geben, worauf er sich nicht anzusiedeln versucht. Fast auf allen Nahrungsmitteln der Menschen und Thiere sind seine Samen reichlich verbreitet, und ihre Keimfähigkeit scheint auf dem Wege durch den thierischen Leib eher günstig als nachtheilig beeinflusst zu werden, zum wenigsten gedeiht er auf allen Excrementen mit fast grösserer Ueppigkeit wie auf der unverdauten Nahrung. Ein Stückchen Brod an hinreichend feuchtem Orte vor Verdunstung geschützt, bedeckt sich bald mit einem dichten Filzrasen von Mucor, der an Ueppigkeit der reichen Flor nur

---

1) Näheres botanische Zeitung 1872 Nro. 14. *O. Brefeld.* Entwickelungsgeschichte von Penicillium.

2) Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. II. Serie. Zur Kenntniss der Mucorinen. Mucor Mucedo. S. 14—24.

3) *Zimmermann.* Das Genus Mucor. Inaugural-Dissertation. Chemnitz 1871.

wenig nachsteht, die sich schon in einigen Tagen auf jeglichem Miste von Fleisch und Vegetabilien fressenden Thieren in abgeschlossenem feuchten Raume erhebt. Hier haben die Fruchtträger des Mucor Mucedo, die an Grösse und Zahl gegen die übrigen hervortreten, nicht selten eine Länge von 4—5 Zoll. Sie nehmen mit der Reife ihrer Sporangien eine sehr charakteristische, gelb braune Farbe an, die erst in Masse mit einem eigenthümlichen Seidenglanze besonders deutlich hervortritt. Den Fruchtträger schliesst das Sporangium ab, welches eine gelb graue Farbe besitzt, die in feuchter Luft heller, mit dem Austrocknen hingegen dunkel braun wird.

Die Sporen (Fig. 1 Taf. I) des entleerten Sporangiums sind mit der Reife sofort keimfähig. Sie verändern, in einen Tropfen frischen Pferdemist-Decoctes gebracht, als Zeichen beginnender Keimung schon in wenig Stunden ihre Form. Sie schwellen an und gehen aus der ursprünglichen cylindrisch-eiförmigen Gestalt in die Kugelform über. (Fig. 2 a Taf. I). Die Grössenzunahme ist hierbei so bedeutend, dass die ursprüngliche Spore, die eine Länge von 0,0066—0.0099 Mm. und eine Breite von 0,0033—0,0040 Mm. hat, oft um das 6—10fache an Ausdehnung übertroffen wird. Die Sporenmembran, in der eine Sonderung in Endo- und Exosporium niemals unterscheidbar wird, folgt sich ausdehnend der Vermehrung des Inhaltes. Dieser, vorher körnchenfrei, aus homogenem lichtbrechenden Protoplasma bestehend, hat sich in einen feinkörnigen Beleg verwandelt, der in dicker Lage die Wand auskleidet (Fig. 2 a Taf. I), während in seiner Mitte eine grosse Vacuole sichtbar wird.

Bis zu einem gewissen Punkte der Schwellung vorgeschritten, brechen, in Continuität mit der innern Schicht der Sporenhaut, nach einer, (Fig. 2 b Taf. I), in der Regel jedoch nach mehreren (Fig. 2 c Taf. I) Seiten Keimschläuche hervor, welche mit grosser Schnelligkeit wachsen und daneben an Ausdehnung so zunehmen, dass man schon in etwas späteren Zuständen den Contour der ursprünglichen Spore nur in wenigen Fällen im Verlaufe oder in der Mitte der Keimschläuche (Fig. 3 a Taf. I) erkennen kann, die indess ihre Lage als Centralpunkt der Ausstrahlung unzweifelhaft bezeichnen. Die Keimschläuche beginnen sich regellos nach den verschiedensten Richtungen zu verzweigen und stellen schon in der Frist eines Tages ein vielfach verästeltes Mycelium dar. Die Aeste 2ter und 3ter Ordnung werden allmählich schmäler und enger und geben in weiteren Verzweigungen den zarten Fäden Ursprung, die man an einem ausgewachsenen

Mycelium als letzte Verästelungen (Fig. 3 Taf. I) mit starker Vergrösserung verfolgen kann. Das ganze Mycelium stellt eine Zelle dar, im Laufe keines Fadens lässt sich eine Scheidewand erkennen, wenn nicht etwa der dichte körnige protoplasmatische Inhalt, in dem im Verlaufe der grossen Arme zahlreiche Vacuolen jeglicher Grösse und Form hervortreten, sie ganz ununterscheidbar macht. In einer bestimmten Grösse ist keine weitere Ausdehnung des Myceliums, keine weitere Verzweigung wahrzunehmen, sein vegetatives Leben geht zu Ende.

Mit dem Abschluss dieser Entwickelungsperiode ist eine Veränderung des Inhaltes sichtbar verbunden; dieser wird körniger und dunkler, verliert den schaumigen mit Vacuolen durchsetzten Charakter und ist in deutlichem Andringen nach einer Stelle des Myceliums begriffen. Hier, für die Regel im Centralpunkt des Myceliums, sieht man eine Erweiterung, von welcher sich allmählich ein dicker Ast (Fig. 3 b Taf. I) in die Höhe erhebt. Gegen ihn findet ein mächtiger Andrang des Protoplasmas aus dem Mycelium statt, dem er in schnellem Wachsthume zu folgen strebt. Er tritt aus der Oberfläche der Flüssigkeit in die Luft ein, überragt als dicker, im Lichte weiss erscheinender Arm die Nährlösung. Der gegen seine Spitze ausgeübte Druck des Inhaltes zeigt sich deutlich an zahlreichen Tröpfchen, die aus der Membran hervorgepresst werden, und die schwach saure Reaction zeigen. In einer bestimmten Grösse tritt zunächst ein Stillstand des Längenwachsthums ein, dafür erscheint an der elegant verjüngten Spitze eine knopfförmige Anschwellung (Fig. 3 c und Fig. 4 Taf. I), die in schneller Zunahme bald dem jungen Fruchtträger die Gestalt eines Spielkegels gibt. Der ganze Fruchtträger strotzt von einem dichten, körnigen, gelbröthlichen Protoplasma, welches, in dem Masse als es aus dem Mycelium in ihn ausströmt, an dieser Stelle durch wässerige Flüssigkeit ersetzt wird. Die Anschwellung des Fruchtträgers, das zukünftige Sporangium (Fig. 4 und 5 Taf. I) wird zu Ende durch eine Scheidewand von ihm abgeschieden, die nicht an der Grenze von Stiel und Sporangium beide horizontal abgrenzt, sondern in hoher Wölbung ein bedeutendes Stück (Fig. 6 b Taf. I) aus dem Kugelraum des Sporangiums ausschneidet.[1]) Mit dem

[1]) Die Scheidewand ist nicht etwa ursprünglich horizontal und erhält ihre gewölbte Form durch Dehnung unter dem Einflusse des Druckes der Flüssigkeitssäule im Fruchtträger, wie mehrfach angegeben wird; sie hat in der ersten Anlage die gewölbte Gestalt, die nachträglich nur unwesentlich modificirt wird.

Auftreten dieser Scheidewand ist der Fruchtträger vom Sporangium gesondert, welches nun seine weitere Ausbildung erhält. Während an seiner Aussenwand sich eine höchst zierliche Verzierung aus feinen nadelförmig zugespitzten Stacheln (Fig. 6 c Taf. I) vorbereitet, welche die gelbe Farbe des Sporangiums erheblich verdunkeln, vollzieht sich im Innern aus dem dichten Inhalte die Formung der Sporen.

Das Protoplasma sondert sich in einzelne, deutlich umschriebene Partieen von der Grösse der Sporen, deren jedesmalige Grenzen helle Streifen des Protoplasmas kennzeichnen (Fig. 7 d und e Taf. I). Die Ansicht wird besonders deutlich, wenn man die Sporangien in diesem Zustande vorsichtig entleert. Von einem Auftreten von Zellkernen, die der Zerklüftung des Protoplasmas vorangehen oder mit der Bildung der Sporen erscheinen, ist zu keiner Zeit etwas sichtbar. Die einzelnen Partieen des Protoplasmas scheiden schnell eine Membran ab, mit deren zunehmender Dicke sie ihren körnigen Charakter verlieren und ein eigenthümliches Lichtbrechungsvermögen erhalten, welches die reifen Sporen auszeichnet. Die Sporen berühren sich nicht gegenseitig, sondern sind vom Anfange ihrer Entstehung an von einer Demarkationssubstanz getrennt, die später, wie wir sehen werden, bei der Entleerung des Sporangiums eine Rolle zu spielen bestimmt ist.

Während dieser Vorgänge steht das Längenwachsthum des Fruchtträgers still, es harrt gewissermassen der Reife des Sporangiums, um sich nun mit grosser Schnelligkeit zu vollziehen. Für diese Streckung, mit der der Fruchtträger oft bis zu seiner 10fachen Länge emporschiesst, wird der noch im Mycelium und Fruchtträger vorhandene Rest von Protoplasma verwendet. Ist sie vollendet, dann sind Fruchtträger (Fig. 10 Taf. I) und Mycelium nur mehr von fast ausschliesslich wässeriger Flüssigkeit erfüllt. Jetzt sieht man in beiden vielfach Scheidewände, deren Bildung, so weit die Beobachtung folgen kann, erst in später Zeit vor sich geht.

Die Bildung des Fruchtträgers und die Fruchtreife vollzieht sich in 24—36 Stunden je nach der Wärme der Jahreszeit, und spätestens in 3 Tagen seit der Aussaat steht der aus einer Mucorspore cultivirte Pilz fertig da. Doch schon nach eben vollendeter Entwickelung der Fruchtträger und ihrer Sporangien ist der Mucor weiteren Veränderungen unterworfen, durch welche die

Sporen ohne Verzug ihrer Bestimmung zur Entwicklung neuer Generationen anheimfallen.

Die Fruchtträger des Mucor wenden sich dem Lichte zu, und mit vollendeter Streckung und nachlassendem Turgor im Fruchtträger folgen die Sporangien dem Zuge der Schwere und sinken um. Hierbei kommt die Feuchtigkeit der Luft, die sich thauartig um das Sporangium niederschlägt, mit ihrem Gewichte zu Hülfe, sie übernimmt bei der Entleerung der Sporangien, die wir nun genau zu untersuchen haben, und die bisher nie von einem Beobachter zum Gegenstande speciellen Studiums gemacht ist, eine Hauptrolle.

Werfen wir zur Erläuterung des Vorganges einen kurzen Rückblick auf die Structur des reifen Sporangiums. Dieses besitzt eine dicke Membran, die nach aussen mit dichtgestellten Stacheln bedeckt ist, nach innen die zahllosen Sporen umkleidet, welche nach unten durch die gewölbte Scheidewand, die Columella, vom Fruchtträger getrennt sind.

Bringt man ein Sporangium, welches in hinreichend feuchter Luft zur Reife gekommen ist, auf einen Tropfen Flüssigkeit, so entleert es sich in einiger Zeit plötzlich oder schneller und anschaulicher, wenn es mit einer Nadelspitze leicht berührt wird. Dasselbe verbreitet sich in einem Augenblicke, wie ein schnell aufgespannter Regenschirm, über den Wassertropfen des Objectträgers.[1]) Von einer Sporangienmembran ist nichts mehr zu sehen, die ganze Sporenmasse liegt in merkwürdiger Regelmässigkeit auseinander getrieben da, so zwar, dass die Sporen nicht übereinander, sondern in ziemlich weiten Distanzen von einander geschoben sind. Versucht man sie zu trennen, so gewahrt man bald, wie sie von einer nicht sichtbaren, klebrigen und zähen Substanz[2]) zusammengehalten werden, mittelst der sie sich an der berührten Stelle der Nadelspitze ankleben, und bei

---

[1]) Am auffallendsten ist die Erscheinung des Entleerens der Sporangien an ganz trocknem Material zu beobachten, wenn es auf einen Wassertropfen gebracht wird.

[2]) Dieser Substanz geschieht zuerst in der schon angeführten Arbeit von *Zimmermann* (das Genus Mucor 1871. S. 25) Erwähnung: »Vor der völligen Reife der Sporen findet sich stets noch Protoplasma zwischen ihnen vor, es erscheint als schleimige Masse, in welcher die Sporen eingebettet liegen. Später ist es ganz verschwunden, wahrscheinlich also vollständig aufgesaugt worden.

Auch *J. B. Carnoy* (Recherches anatomiques et physiologiques sur les champignons, prémier mémoire concernant spécialement les Mucorinées. Gand 1870.) hat dieselbe bemerkt: Au sortir d'un sporange mûr, les spores du M. romanus et des Mucorinées en général démeurent comme agglutinees par une matière visqueuse. Cette substance est due sans doute à des restes de protoplasme inter-

deren Entfernung in ganzer Masse in Gestalt eines langen Fadens nachgezogen werden, der am Ende elastisch, wie ein gezogener Kautschuckfaden, zu einem Tropfen zusammenschnellt. — Es wird also zuerst nach dem Verbleiben der Sporangienmembran mit ihrer stacheligen Bekleidung und dann nach der ursächlichen Kraft zu suchen sein, durch welche die Sporangien entleert und die Sporen auseinander getrieben werden.

Die Sporangienmembran zeigte noch mit vollendeter Streckung der Fruchtträger ihre völlige Continuität, und Reactionen mit Chlorzinkjod liessen durch blaue Färbung, die sie hervorriefen, über die stoffliche Beschaffenheit als Cellulose keinen Zweifel. Wenige Stunden nach der Streckung ist die Beschaffenheit des Sporangiums aussen unverändert, man sieht die stachelige Hülle und durch sie die Sporen durchschimmern, aber jetzt in diesem Stadium lässt die Untersuchung nichts mehr von der Sporangiummembran erkennen. Es bedarf nur mehr eines Hauches über ein unverletzt abgenommenes Sporangium, es ganz zu einem Tröpfchen auf dem Objectträger zerfliessen zu sehen, in welchem die Sporenmasse (Fig. 11 b Taf. I) von einem weiten wasserhellen Rahmen (*a*) umgeben ist, der in Wasser nichts mehr von einer Membran erkennen lässt; nur die stachelige Bekleidung liegt in zahllose Trümmer (*c*) zerbrochen über den Sporen. Die Sporangienmembran zerfliesst zu einer in Wasser löslichen, durch Reagentien nicht mehr irgend beeinflussten Substanz; doch unabhängig von ihr bleibt die stachelige Bekleidung unverändert, ihre von der Sporangienmembran abweichende stoffliche Zusammensetzung darthuend. Mit der Veränderung der aus Cellulose bestehenden Sporangienmembran in eine in Wasser zerfliessende lösliche Substanz wird die Entleerung der Sporangien ermöglicht. Sie sind nach mehrstündiger Reife in feuchter Luft nur noch von der äusseren in Continuität gebliebenen stacheligen Membranschicht umschlossen, und die leiseste äussere Beeinflussung und Störung, wie die vorhin angewandte mit der Nadelspitze, reicht aus, die Entleerung zu bewirken. Diese erfolgt nun nicht etwa durch eine mechanische Verbreitung der Sporen in Wasser, sondern durch die Wirkung einer mächtig quellbaren Substanz (Fig. 7 e Taf. I) die zwischen

---

sporaire plus ou moins liquéfies. La potasse la dissout instantanément et isole complétement toutes les spores; il en est de même du chlorure de zinc, mais l'alcool paraît agir beaucoup moins efficacement sur elle. S. 35.

ihnen liegt. Sie breitet sich bei Zufuhr von Wasser in einem Augenblicke aus, treibt die Sporen auseinander (Fig. 8 e Taf. I) und zeichnet sich durch zähe klebrige Beschaffenheit aus.

Dem Ursprunge dieser Substanz musste besondere Aufmerksamkeit zugewandt werden. Sie ist zunächst nicht von der zerflossenen Sporangienmembran herzuleiten, weil diese sich ohne Quellung, einfach in Wasser löst, sie muss also entweder von den Sporen abgeschieden oder mit ihrer Bildung zugleich angelegt werden. Zur Entscheidung dieser Frage mussten ganze Entwicklungsreihen von Sporangien einer mikroskopischen und mikrochemischen Untersuchung unterzogen werden.

Junge Fruchtträger zeigen bald nach der Anlage der Columella die Zertheilung des Protaplasmas in einzelne Partieen (siehe oben), die deutlich von einander geschieden sind (Fig. 7 d und e Taf. I). Mit der Formung der Sporen, noch bevor sie mit einer durch Reagentien deutlich nachweisbaren Membran umgeben sind, werden ziemlich breite Interstitien zwischen ihnen wahrnehmbar, die hell hervortreten. Zerdrückt man in diesem Stadium ein Sporangium unter Wasser, so sieht man die interstitielle Substanz mächtig quellen zu einem grossen Gallertklumpen (Fig. 8 d und e Taf. I), in dem die Sporen vertheilt liegen wie die Fäden des Nostoc in der Colonie. Die »Zwischensubstanz« ist sowohl vor wie nach der Quellung farblos und körnchenfrei, sie wird mit Chlorzinkjod schwach gelblich gefärbt, löst sich mit der Zeit in Wasser, schneller aber in Ammoniak auf, worin dann die Sporen frei zurückbleiben. Diese mächtige, aufquellende Substanz wird nicht von den noch fast membranlosen Sporen abgeschieden, sie ist mit den Sporen zugleich vorhanden und mit ihrer Differenzirung aus dem Gesammtprotoplasma der Sporangien angelegt. Ebenso wenig wird über ihren Zweck, ihre Bestimmung nach dem Mitgetheilten ein Zweifel obwalten. Sie dient durch ihr Quellungsvermögen zur Entleerung der Sporangien und zur Verbreitung der Sporen.[1])

Es kann hier nicht der Ort sein zu bestimmen, ob und in wie weit für das jetzt geltende Schema der simultanen Zelltheilung die letzt erwähnten Beobach-

---

[1]) *Zimmermann* (Genus Mucor S. 25) hat alle Einzelheiten bei der Entleerung gesehen, aber offenbar unrichtig gedeutet, weil ihm die Structur der Sporangien nicht klar war. »Die Sporangienmembran ist ausserordentlich quellungsfähig, sie löst sich bei den meisten Mucorinen schon durch blossen Zusatz von Wasser sehr leicht in eine feinkörnige Masse auf.. Man sieht sie dann geradezu auseinander fliessen.«

tungen im Allgemeinen in Betracht kommen. Es mag nur die Andeutung Raum finden, dass die Menge dieser für die Sporenbildung nicht verwendeten Substanz aus der Masse des Sporangiums, die, mag sie auch nicht den Charakter des Protoplasmas haben, doch zweifellos aus ihm beim Theilungsvorgange hervorgeht, bei mehreren Mucorinen ohne jede Quellung schon so mächtig ist, dass sie der Gesammtmasse der Sporen mindestens gleichkommt, dass sie nicht immer wasserhelle, auch körnige Beschaffenheit hat. Jedenfalls ist der Vorgang der simultanen Theilung bei einer Abtheilung der Mucorinen (und es mag vorgreifend erwähnt sein bei allen langgestreckten, typisch unverzweigten, die ich bis jetzt untersucht habe, übereinstimmend) ein anderer, als man bisher angenommen, und weicht vielleicht nicht mehr so tief unterschiedlich von der freien Zellbildung ab, als dies nach unserer derzeitigen Anschauung der Fall ist.

Eine quellbare Zwischensubstanz, wie sie im Sporangium der Mucorinen vorkommt, bewirkt wahrscheinlich auch die Entleerung der Zoosporangien der Saprolegnien, Peronosporeen und Algen. *De Bary*[1]) sprach schon früher diese Vermuthung ziemlich bestimmt aus, die freilich von *Pringsheim*[2]) bekämpft wurde, und neuerdings hat *Walz*[3]) eine besondere Abhandlung veröffentlicht, wonach die Entleerung der Zoosporangien von Oedogonium, Cladophora, Saprolegnia etc. aus der Aufquellung der inneren Membranschicht der Zoosporangien durch Wasseraufsaugung entsteht. — Ich gedenke diese und weitere Fälle simultaner Zelltheilung bei den Pilzen und deren Sporenentleerung ein anderes Mal besonders und specieller zu behandeln.

Es bleibt nun noch übrig, die Beschaffenheit der stacheligen Membran des Sporangiums zu analysiren. Sie ist unlöslich in Wasser, wird ferner von den verschiedenen Reagentien auf Cellulose nicht beeinflusst, sie löst sich dagegen mit Leichtigkeit in verdünnter Salzsäure (Fig. 12 Taf. I). Auf dieses Verhalten gestützte Vermuthungen über ihre anorganische Natur entscheidet eine vorsichtige Verbrennung auf einem Deckglase. Der Fruchtträger und das Sporangium bewahren ihre Umrisse, das letzte die vom Feuer wenig veränderte Berindung. Die Verbrennungsreste verschwinden sämmtlich unter heftigem Auf-

1] *De Bary*. Die Algengattungen Oedogonium und Bulbochaete. Abhandl. der Senkenberg'schen Gesellschaft. Frankfurt a./M, 1854. Bd. I.

2) *Pringsheim*. Jahrbücher Bd. I. Morphologie der Oedogonien S. 28.

3) *Walz*. Ueber die Entleerung der Zoosporangien. Botanische Zeitung. 28ster Jahrgang Nr. 43 u. 44.

brausen in verdünnter Salzsäure. Die stachelige Rinde ist demnach keine vegetabilische Membran aus Cellulose oder verwandten Stoffen bestehend, sondern anorganischer Natur. Bei Verbrennungen von Fruchtträgern mit Sporangien in grösserer Quantität kann man sich chemisch und spectralanalytisch leicht des Weiteren überzeugen, dass sie aus oxalsaurem Kalk besteht. Der Kalk wird von der Membran des Sporangiums abgeschieden und bildet eine vollkommen geschlossene Rinde um dieses (Fig. 9 und 10 Taf. I), auf der die Stacheln ganz nach Art vegetabilischer Membranverdickung, wofür man sie ja auch bisher gehalten hat, hervorragen. Alle übrigen Membranen des Mucor sind ebenfalls reich an oxalsaurem Kalk, der auch hier mitunter in feinen Körnchen aussen abgelagert ist. [1])

Zum Schlusse des Abschnittes über die Bildung der ungeschlechtlichen Sporangien und ihre Entleerung von Sporen darf eine ganz abnormale Austrittsweise der Sporen, wie sie mitunter vorkommt, nicht übergangen werden: sie konnte nicht wohl eher in Betracht gezogen werden, weil sie zu ihrer Erklärung die genaue Kenntniss der Construction eines reifen Sporangiums voraussetzt. Aus dieser geht hervor, dass den Sporangien mit der Reife eine Spannkraft innewohnt, die durch die Quellbarkeit der Zwischensubstanz ausgeübt wird. Diese Kraft wirkt einerseits gegen die Sporangienmembran, anderseits gegen die Columella, das gewölbte Ende des Fruchtträgers. Der Widerstand ist nach beiden Richtungen nahezu gleich, so lange die Membran des Sporangiums nicht zerflossen und der Fruchtträger unverletzt ist. Hebt man nun einen jungen Fruchtträger mit noch intacter Sporangienmembran ab, so entleert dieser aus der offenen Abrissstelle seinen Inhalt. Dadurch wird der Druck der Flüssigkeitssäule, der im Fruchtträger von unten gegen die Columella wirkt, und der auch nach der Streckung des Fruchtträgers zunächst noch fortdauert, aufgehoben, und in demselben Augenblicke drückt die Sporenmasse gegen die zarte Columella, die bei Mucor Mucedo keine nachträgliche Verdickung erfährt. [2]) Sie wird im

---

[1]) In Salzsäure löst sich auch der Rest der Sporangienmembran, der nach der Entleerung der Sporangien unten die Columella kragenartig, scheinbar als Abrissstelle der Membran, umgibt (Fig. 13 c Taf. I); derselbe ist also nur aus den Bruchstücken der Kalkkruste gebildet, die hier zufällig hängen geblieben sind.

[2]) Bei denjenigen Mucorinen, bei denen sich die Membran der Columella nachträglich nicht verdickt, z. B. beim Mucor Mucedo, ist die Gestalt der Columella ein trügerisches Kennzeichen.

gelindesten Falle etwas zusammengedrückt, und verliert dadurch ihre charakteristische Gestalt. Der Druck, von der Last eines Deckglases oder der Präparation noch unterstützt, kann jedoch so weit gehen, dass die Columella eingedrückt, in den Fruchtträger hineingepresst und hier der Wand eng anliegend zerrissen wird. Durch den Riss treten dann die Sporen in den Fruchtträger. An dieser Stelle sind sie schon früher von *Hoffmann*[1]) und neuerdings von *J. B. Carnoy*[2]) gefunden worden. Sie sind aber gewiss nicht im Innern des Fruchtträgers erzeugt; während fast zweijähriger Beschäftigung mit Mucorinen habe ich mich stets davon überzeugen können, dass der Fruchtträger für Sporenbildung befähigtes, vielleicht bei der ersten Bildung eines Sporangiums in Folge zufälliger Umstände nicht ganz verwendetes Protoplasma in oft sehr kleinen Sporangien eines kurzen Seitenzweiges zur Verwerthung bringt, dass er aber niemals in seinem Innern Sporen bildet.

Die Fruchtträger von Mucor Mucedo sind normaler Weise unverzweigt (Fig. 3 Taf. I u. 23 Taf. II). Eine Zweigbildung ist, wo sie sich findet, niemals regelmässig, sie ist immer nur zufällig durch störende Einflüsse von aussen entstanden. So geben directe Eingriffe während der Ausbildung junger Fruchtträger die Veranlassung zur Zweigbildung, die gestörten Fruchtträger verkümmern ganz oder theilweise, es bilden sich Seitenzweige mit neuen Sporangien. Sehr auffällig ist dies der Fall, wenn man Culturen in den geeigneten Momenten der Entwicklung mit einem festen Gegenstande z. B. mit einer Glasscheibe bedeckt; die gestörten, in der Streckung behinderten Fruchtträger bilden zahlreiche

---

Sie hat hier unter den Einflüssen, denen sie bei ihrer Zartheit ausgesetzt ist, fast nie dieselbe Form, wie ein Blick auf Fig. 13 Taf. I zeigt. Will man ihre Gestalt genau bestimmen, so muss man entweder auf ihre erste Anlage zurückgehen, oder man muss beim Abheben eines Fruchtträgers vom Substrat verhindern, dass er sich an der Abrissstelle verblutet.

1) *Hoffmann*. Icones analyt. p. 82.

2) *J. B. Carnoy*. Recherches anatomiques et physiologiques sur les champignons, I. mémoire, planch. III. Fig. 3 u. 5.

3) Die der Columella entsprechende Scheidewand, die das Sporangium vom Fruchtträger abscheidet, fehlt indess auch den kleinsten Sporangien nicht, sie ist nur nicht gewölbt, sondern horizontal gerade am Ausgangspunkte des Fruchtträgers in das Sporangium gestellt, und darum sieht man sie in seitlicher Ansicht meist nicht. — Der Ausdruck Columella ist wenig glücklich gewählt, doch zu sehr eingebürgert um ihn abzuschaffen; er bezeichnet ein Organ, das nur eine Scheidewand ist. Man ist nun gezwungen, Fruchtträger als columellenlos zu bezeichnen, bei denen diese Scheidewand nur nicht gewölbt aber keineswegs nicht vorhanden ist.

Seitenzweige. Der directen Störung ähnlich wirkt schnelle Temperaturerniedrigung, ferner die Zersetzung des ernährenden Substrates und dadurch eintretende mangelhafte Ernährung. In sehr ausgedehntem Grade endlich werden diese Störungen, welche ganz abnorme Verzweigungen der Fruchtträger (Fig. 24 Taf. I) des Mucor Mucedo veranlassen, von einer Reihe parasitischer Pilze ausgeübt, denen wir in den nächsten Kapiteln dieser Arbeit unsere Aufmerksamkeit speciell zuwenden werden.

Die Sporangien der Verzweigungen eines verkümmerten, in der Entwicklung gestörten oder von Parasiten befallenen Mucor nehmen in allen Variationen an Grösse ab und verlieren allmählich den typischen Charakter des Mucor. Die Columella büsst ihre bestimmte Gestalt ein, sie wird immer kleiner und fehlt endlich ganz (Fig. 24 Taf. I u. Fig. 11 Taf. III). Ebenso ändern auch die Sporen ihre Gestalt, sie werden kleiner, mehr eiförmig und schliesslich sogar ganz rund (Fig. 11 Taf. III). Diese kleinen runden Sporen haben nur die halbe oder viertel Grösse der normalen, sie messen 0,0033 Mm. Auch die Membran dieser kleinen Sporangien ist derber wie die der grossen und darum weniger leicht zerfliesslich. Cultivirt man diese kleinen Sporen der abnormen Sporangien in gutem zusagenden Substrate, so erhält man aus ihnen den ächten Mucor Mucedo mit allen seinen typischen Eigenschaften wieder.

In der Natur machen sich die hier erwähnten störenden Einflüsse bei der Entwicklung des Mucor sehr oft geltend, und je nachdem sie einzeln oder vereint auf ihn einwirken, treffen wir ihn in allen Uebergängen der Verzweigung und in allen Abstufungen der Grösse an, die zwischen der normalen Form der Fig. 7, 10, Taf. I u. Fig. 23 Taf. II und den zwerghaften und verzweigten der Fig. 24 Taf. I möglich sind. In jedem speciellen Falle, wo ich diese kleinen Kümmerlinge im Freien vorfand, habe ich mich durch vorsichtige Cultur ihrer Sporen überzeugt, dass sie die inconstanten, durch zufällige Umstände bedingten Formen des Mucor Mucedo sind, dass sie sofort in die normale Form zurück gehen, wenn alle entwicklunghemmenden und störenden Einflüsse bei der Cultur ausgeschlossen sind, und dass es also weit gefehlt sein würde, auf ihre abweichenden Eigenschaften neue Arten zu gründen, wie es ohne Zweifel früher vielfach geschehen ist.

Auf Objectträgerculturen fructificirt der Mucor Mucedo nie anders als in ungeschlechtlichen Sporangien, so üppig auch die Mycelien sind, es kommt nur

zur Bildung von mehreren Sporangienträgern, aber niemals von Geschlechtsorganen und Zygosporen; gleichwohl sind sie bei spontanen Mucorvegetationen auf Pferdemist keine grosse Seltenheit. Ich fand sie zuerst auf einem solchen, den ich zur Mucorentwicklung unter eine Glocke gestellt hatte. Sie hoben sich auf dem Grunde des Mistes als deutliche schwarze Punkte ab und sind an dieser Stelle wohl nur durch die auffallende äussere Aehnlichkeit mit mistbewohnenden Sphaerien bisher übersehen worden. Ihre Bildung geschieht aus Aesten des Myceliums, und sie fanden sich, als besonders darnach gesucht wurde, überall in den Mycelien an der Oberfläche und im Innern des Mistes; dieser erschien in späteren Fällen oft schwarz punktirt von der Masse der Zygosporen. Es war besonders auffallend, wie auf solchen Culturen, welche so reichlich Zygosporen erzeugt hatten, die Mucorfruchtträger gegen die Zahl der Zygosporen zurücktraten; dazu gelang es nicht, bei oft wiederholter vorsichtiger Präparation, den Zusammenhang der Zygosporen und der ungeschlechtlichen Sporangien nachzuweisen, woraus mit Wahrscheinlichkeit hervorgeht, dass in den Mycelien, die Zygosporen bilden, eine Erzeugung ungeschlechtlicher Sporangien unterbleibt. Auch eine Entscheidung der Nebenfrage, ob die Zygosporen von zwei Fäden eines Myceliums oder verschiedenen Fäden zweier gebildet werden, war nicht möglich, da sich die Mycelien der Massenculturen zu sehr verflechten. Dagegen scheint es ziemlich sicher zu sein, dass sich die Zygosporen nicht an zwei Gabelästen desselben Fadens bilden wie bei Syzygites megalocarpus; bei den jüngsten Zuständen, die aufgefunden wurden, konnten die copulirenden Fäden nach entgegengesetzten Richtungen weit verfolgt werden.

Die Copulation erfolgt genau so, wie sie von *de Bary* bei Syzygites beschrieben ist. An zwei gegen einander getretenen und mit der Vorderfläche eng verbundenen Mycelfäden, welche sich nur wenig über das Substrat erheben oder im Innern in seine Luftinterstitien eintreten, werden 2 Zellen (je eine für den Faden) [fast gleicher Grösse (Fig. 14 a a Taf. II.) durch Scheidewände abgeschieden Diese Zellen vereinigen nach Resorption der Zwischenwände, mit denen sie sich berühren, ihren Inhalt (Fig. 15 a Taf. II). Mit stattgefundener Copulation beginnt die erzeugte Zelle, die junge Zygospore, ein schnelles Wachsthum. Nur für kurze Zeit folgen die Tragzellen — Suspensoren — ihrer Grössenzunahme, schon bald hebt sie sich an Grösse hervor, und es erscheinen auf der noch nicht differenzirten Membran, dicke, rund umschriebene, warzenartige

Erhebungen (Fig. 15 c Taf. II), in denen sich zuerst dunkle Farbenschattirungen zeigen. Diese erste Anlage der Membranverdickung und Differenzirung schreitet an der wachsenden Zygospore allmählich zur Ausbildung eines dicken schwarzen Exosporiums (Fig. 16, 17 und 18 a Taf. II) voran, dessen dunkle Färbung sich noch über die Träger (b) in ziemlicher Ausdehnung hinzieht. Letztere haben an der reifen Spore geringe, von einander wenig abweichende Grösse und fallen mit grosser Leichtigkeit von ihr ab, so dass es oft den Anschein hat, als ob die Zygospore nur von einem Träger und Faden erzeugt wäre. Die ausgebildete Spore, deren Grösse schwankt von 0,0990—0,2145 Mm., ist von zwei dicken Membranen umgeben. Die äussere ist schwarz, rauh und uneben, mit dicken, weit hervorragenden Protuberanzen versehen (Fig. 16, 17, 18 Taf. II), die zu gross und weit sind um regelmässige Anordnung erkennen zu lassen; sie ist hart und brüchig und kann durch schnell geführten Druck von der inneren Membran gelöst werden, die mit dem unverletzten Inhalte der Spore hervorschnellt (Fig. 19 Taf. II). Ausgebreitet zeigt das Exosporium die hellen und glatt umschriebenen Ansatzstellen der Träger (Fig. 18 a Taf. II). Fast von allen Reagentien bleibt es unverändert, z. B. Kalilauge, verdünnter Salpetersäure und Salzsäure; über seine stoffliche Natur vermag ich vorläufig nichts auszusagen. Dagegen hat das Endosporium die Beschaffenheit einer Zellulosemembran; es ist ungefärbt, aber auch auf seiner Oberfläche treten eine Menge von Stacheln (Fig. 19 b Taf. II) hervor, mit Ausnahme zweier runder Flecken (von denen in Fig. 19 nur einer in a sichtbar ist), die eben sind und den Ansatzstellen der Träger entsprechen. Der vom Endosporium umschlossene Inhalt besteht aus dickem, sehr feinkörnigem Protoplasma, in dem, durch die Haut schimmernd, ein dicker Oeltropfen (Fig. 19 c) schwimmt; er zertheilt sich beim Zersprengen der Membran in viele kleine Tröpfchen. Ueber die Verbindung der beiden Membranen mit einander und über ihre Dicke verschafft man sich durch dünne Durchschnitte leicht die nöthige Klarheit. Fig. 20 Taf. II zeigt, wie die Stacheln des Endosporiums (b) den grossen Erhebungen des Exosporiums (a) entsprechen, welche hohl sind, und in deren Höhlungen sie genau hineinpassen. An Dicke übertrifft das Endosporium noch seine schwarze Hülle.

Die Keimung der gefundenen Zygosporen war demnächst das Ziel weiterer Bemühungen. Sie wurden durch Ausschlämmen des Mistes mit Wasser, worin reife Zygosporen stets untersinken, gesammelt und von allen Unreinlichkeiten

befreit in Cultur genommen. Sie lagen 5 Wochen lang unverändert auf einem Objectträger unter einer mit Wasser abgesperrten Glocke; mit der sechsten begannen die Keimungen, die weitere 6 Wochen lang unausgesetzt fortdauerten und an mehreren hundert Zygosporen beobachtet wurden. — Aus den Häuten der Spore tritt in den meisten Fällen ein einziger Keimschlauch hervor; er hat alle Eigenschaften des früher beschriebenen ungeschlechtlichen Fruchtträgers von Mucor Mucedo (Fig. 22 f und 23 c Taf. II). In stets wiederholten Beobachtungen gab er immer nur eine Bestätigung der früher angegebenen einzelnen Entwicklungsphasen, und oft erneute Cultur seiner Sporen einzeln, und in ausgekochten sehr verschiedenen Substraten zu vielen, vermochten an seinen typischen Eigenschaften nichts zu ändern. Die enge Austrittsstelle des Keimschlauches oder Fruchtträgers aus der Zygospore, die nur eben seinen Dimensionen entspricht (Fig. 21 und 23 Taf. II), gestattet in den meisten Fällen keine genügende Einsicht in den Vorgang der Keimung; bei der grossen Masse zur Keimung geförderter Zygosporen klärten jedoch manche Ausnahmen jeden Zweifel auf. Hier wurde das Exosporium (Fig. 22 a Taf. II) in weitem Spalt aufgerissen, und man sah an dem Endosporium aufs deutlichste die Durchbruchsstelle des Keimschlauches. Er durchbricht beide Häute, und man kann mit einigem Geschick den ganzen Keimapparat, mit eigener Membran umkleidet, als grosse Blase hervorziehen; das Endosporium hat mit begonnener Keimung erheblich an Dicke verloren.

Der Fruchtträger, der aus einer Zygospore hervorgeht, wächst erheblich langsamer, wie der auf einem Mycelium. Am ersten Tage erreicht der Keimschlauch eine Länge von einem viertel bis halben Zoll, am zweiten Tage beginnt die Bildung des Sporangiums, und erst mit dem Ende des dritten ist die Streckung des Fruchtträgers vollendet. Die heisse Sommerzeit beschleunigt den Prozess um einen Tag.

Aus einer Zygospore kommt nur ein Keimschlauch mit einem Sporangium; allein bei der Störung des Schlauches vor der Sporenbildung kommt ein zweiter (Fig. 21 d Taf. II), und wenn man ihn in Wasser untertaucht, ein dritter u. s. f.; jeder folgende ist natürlich, nach dem Substanzverluste vorher verunglückter, kleiner und sein Sporangium dem entsprechend sporenärmer. Hier und da wird auch bei Störungen des ersten Schlauches kein neuer erzeugt, sondern ein Seitenzweig (Fig. 22 f Taf. II) des ersteren gebildet, der seinerseits unfrucht-

bar bleibt. Niemals verzweigt sich der Fruchtträger, so wenig wie es die ungeschlechtlich erzeugten thun.

Nach dieser Mittheilung ist unser Mucor Mucedo der Reihe normaler Mucorinen (Sporodinia grandis, Mucor stolonifer und Mucor fusiger) eingefügt, von deren Kreislauf er in nichts abweicht. Damit ist unsere erste Frage nach dem Entwicklungsgange des Mucor, im Einklange mit den bei Sporodinia grandis durch *de Bary* bekannten Thatsachen, gelöst.

Bei diesem einseitigen Beweise der Unzulässigkeit weiteren genetischen Zusammenhanges soll hier nicht stehen geblieben, sondern der entgegengesetzte zugleich beigebracht werden, dass die mit ihm verbundenen Sporangiolen nebst den Brutzellen nicht zu Mucor Mucedo gehören, und dass ganz besonders die Conidienformen eine eben so bestimmte für sich geschlossene Entwicklung haben, wie der Mucor Mucedo selbst.

Was die Sporangiolen betrifft, das frühere Thamnidium elegans *Link*, so haben ausgedehnte Culturversuche einzelner Sporen in Culturlösungen auf Objectträgern und Massenaussaaten auf ausgekochtes Substrat dargethan, dass sie eine scharf charakterisirte Species des Genus Mucor repräsentiren. Ich muss mich hier auf die blosse Angabe der Thatsache beschränken, weil die Beweisführung mit der speciellen Behandlung der Mucorspecies aus dem Rahmen dieser vorliegenden Arbeit heraustreten würde und desshalb der späteren Monographie der Mucorinen vorbehalten bleiben muss.

Die Gonidien, Brutzellen des Mucor Mucedo, sind ein Nebenproduct der Mycelfäden des Thamnidium elegans, des Mucor racemosus und verwandter Formen; sie sind dem Mucor Mucedo nicht eigen, in dessen Mycelien, mochten sie in Fruchtsäften oder Mistdecoct gewachsen sein, sich solche Erzeugnisse niemals antreffen liessen.

Ehe wir nun zur Mittheilung der weiteren Untersuchungen der Conidienformen übergehen, dürfte es am Platze sein, diejenigen Erfahrungen hier zusammenzufassen, die aus dem consequent beobachteten Entwicklungsgange dieses Mucor für die künftigen Untersuchungen der Mucorinen im Allgemeinen hervorgehen. Sie werden in kurzem Vergleiche mit früheren Untersuchungen darthun, wie diese bei ungenügender Methode, die immer nur den vorgefundenen Zustand, die vorgefundene Form betraf, unzureichend und trügerisch waren, und

wie es ohne Benutzung der entwicklungsgeschichtlichen absolut unmöglich ist, über die Systematik der Schimmelformen zum Abschlusse zu kommen.

Es bedarf zunächst nur der Andeutung, dass die Zygosporen der Mucorinen wegen zu grosser Aehnlichkeit mit einander wohl für den copulirenden Pilz als solchen ein Merkmal abgeben, das jedoch zu wenig durchgreifende Unterscheidungen bietet, diesen unter gleichen zu classificiren; hierbei sind vor wie nach die ungeschlechtlichen Fruchtträger massgebend.

Die letzteren sehen wir nun bei Mucor Mucedo unter störenden Einflüssen so variiren, dass man unter allen Umständen die kleinen verzweigten Formen, bei denen die Sporangienmembran mitunter verdickt ist und dann langsam zerfliesst, denen die Columella fehlt, deren Sporen klein und rund sind, ohne Kenntniss des Entwicklungsganges für Vertreter anderer Species, anderer Gattung halten wird, als den grossen unverzweigten Mucor mit leicht zerfliessender Membran des Sporangiums, grosser Columella und charakteristischer Sporenform und Grösse. Weiterhin ist es aus der Entwicklungsgeschichte von selbst klar, dass ein Mucor kaum in einem Augenblicke seines Lebens im Vollbesitze seiner Charaktere ist, die sich erst aus einer Beobachtung von Anfang bis zu Ende summarisch ergeben. Es haben also alle Charaktere eines vorgefundenen Mucor nur einen Werth, wenn sie ergänzt werden, sich bei Normalculturen in geeignetem Substrate *constant* erweisen, und wenn man endlich mit der vollkommenen Form auch ihre Abänderung unter dem Einflusse der Cultur und des Substrates und sonstiger natürlich vorkommender Störungen zugleich kennt. *Der Weg der Cultur einer einzelnen Spore unter lückenloser Verfolgung ihrer einzelnen Entwicklungsmomente, unter Vermeidung der vielen und zahlreichen Fehlerquellen, wie sie durch Invasion fremder Pilzsporen entstehen, kann allein die Basis für die Kenntniss und Klassification dieser Schimmelpilze abgeben.*

Damit sinken ein grosser Theil früherer und neuerer Studien dieser Pilze, die mit ihren Widersprüchen ein kaum zu bewältigendes Literaturmaterial abgeben, in sich zusammen.

Mag es vorgreifend gestattet sein, hier zu constatiren, dass *alle* Mucorinen eine zerfliessliche Sporangienmembran haben, dass eine Zerbrechlichkeit dieser Membran nur von dem Kalkkrüstchen abgeleitet sein kann, welches sie um das Sporangium besitzen, und welches nach dem Verschwinden der Zellulosemembran

mitunter in grosse membranähnliche Stückchen bricht; so fallen durch diesen gemeinsamen Charakter die früheren Gattungen, die theils auf Grund zerfliessender und zerbrechender Sporangienmembran, theils anderer untergeordneter, fast nirgends übereinstimmender Merkmale geltend gemacht sind, zu Mucor zurück. Es sind dies die Gattungen Ascophora und Hydrophora *Tode*[1]), Sporodinia und Thamnidium *Link*[2]), Rhizopus *Ehrenberg*[3]), Phycomyces *Kunze*[4]), Pilophora *Wallroth*[5]), Pleurocystis *Bonorden*[6]). Die genannten Gattungen hatten schon bei den eigenen Autoren nicht das Glück gegenseitiger Anerkennung und erlitten auch in den mycologischen Werken von *Bolton*[7]), *Fries*[8]), *Wallroth*[5]), *Nees v. Esenbeck*[9]) und *Corda*[10]) wechselndes Geschick, bis endlich *Fresenius*[11]) mit richtigem Tacte eine Reduction der Gattungen Ascophora, Hydrophora und Rhizopus zu Mucor vornahm, freilich mehr aus Verdruss über die vorhandene Confusion als in Erkenntniss der vorliegenden Irrthümer und des wahren Gattungscharakters. Später stellten *Woronin* und *de Bary*[12]) Sporodinia Phycomyces, Rhizopus, Thamnidium und Chaetocladium zu Mucor und reducirten die Mucorinen auf Mucor und Pilobolus.

In der That bestehen mit hinreichend scharfer Unterscheidung nur diese beiden Gattungen.

---

1) *Tode*. Fungi Mecklenburgenses selecti. Luneburgi I. 1790. p. 13. II. 1791. p. 5.

2) *Link*. Observationes in ordines plantarum naturales. Diss. I im Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde. 1816. p. 30.

3) *Ehrenberg*. Sylvae mycologicae Berolinenses. Berol. 1818, und de Myceetogenesi. Nova acta Leop. 1821 X, 1. Tab. XI.

4) *Kunze*. Mycologische Hefte II. Leipzig 1823.

5) *Wallroth*. Flora cryptogamica Germaniae Norimbergae. 1833.

6) *Bonorden*. Handbuch der allgemeinen Mycologie. Stuttgart 1851.

7) *Bolton*. Geschichte der merkwürdig. Pilze. A. d. Engl. mit Anmerk. von K. L. Wildenow. Berlin. tom. IV. 1820. p. 56 u. 57.

8) *Fries*. Systema orbis vegetabilis. Lundae 1825 u. Systema mycologicum. Gryphiswaldae 1832.

9) *Nees van Esenbeck*. System der Pilze und Schwämme. Würzburg 1816, und System der Pilze. Bonn 1837.

10) *Corda*. Icones Fungorum. Pragae 1837—42 u. Prachtflora europäischer Schimmelbildungen. Leipzig u. Dresden 1839.

11) *Fresenius*. Beiträge zur Mycologie. Frankfurt 1858—63. I. Heft. p. 1—13, III. Heft. p. 96.

12) *Woronin* und *de Bary*. Beiträge zur Morphologie u. Physiologie der Pilze. II. Serie, Mucor Mucedo u. Mucor stolonifer. S. 14—34.

Mucor ist ausgezeichnet durch die ganz zerfliessende Sporangienmembran,

Pilobolus durch die Cuticularisirung derselben mit Ausnahme einer rund umschriebenen Insertionsstelle an dem Fruchtträger, die allein stark aufquillt und dann zerfliesst.[1])

Diese Charaktere konnten erst durch erneute Untersuchung der bekannten Mucorarten und Piloboli festbegründet werden. — Bei Pilobolus ist der eigentliche Charakter bisher verkannt (gerade so wie bei Mucor) und ein oft beschriebener Vorgang des Kopfabschleuderns an seine Stelle gesetzt; er konnte erst richtig an einem neuen Pilobolus (Fig. 25 Taf. I) erkannt werden, der ihn in seiner Einfachheit zeigt. Bei diesem, den ich Pilobolus Mucedo nennen will, der im Habitus einem Mucor gleicht, dessen Fruchtträger eine Länge von 3—4 Zoll erreicht, wird das Sporangium wie Fig. 26 Taf. I zeigt, nicht abgeschleudert, sondern es quillt ab durch die Quellschicht. Dasselbe geschieht bei den beiden anderen Arten von Pilobolus, wenn durch geeignete Mittel das Kopfabwerfen, eine nebensächliche, höchstens für die Art bemerkenswerthe Erscheinung, verhindert wird.

Für die engere Eintheilung bei der Gattung Mucor gibt die Verzweigung der Fruchtträger ein durchgreifendes Merkmal ab. Sie zerfällt hiernach zunächst in 2 Hauptabtheilungen: die erste mit typisch unverzweigten, die zweite mit regelmässig verzweigten Fruchtträgern. Die Abtheilung der unverzweigten Arten scheidet sich wieder in 2 Gruppen, von denen die eine die grossen Arten mit langgestrecktem Fruchtträger und bedeutender Quell-

---

[1]) Aus einer Mittheilung der botanischen Zeitung von *Julius Klein*, 28. Jahrgang Nr. 24 — Hauptergebnisse meiner Untersuchungen über Pilobolus — und einer etwas weitläufigeren und mit einer Tafel illustrirten Behandlung desselben Gegenstandes in den Verh. der K. K. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, B. XX, S. 547—560 — die Formen des Pilobolus —, dem die schliessliche ausführliche Beschreibung in den Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik von *Pringsheim* noch bevorsteht, geht hervor, dass genannter Mycologe die Quellschicht am Grunde der Sporangienmembran bei Pilobolus crystallinus gesehen, sie jedoch nicht im Gegensatze zu Mucor als Charakter des Pilobolus erkannt hat; er bemerkt vielmehr am Ende der Arbeit, dass die Sporen seines Pilobolus in Fruchtsäften cultivirt, Mucorfructificationen ergeben. Diese letztere Angabe (nebst anderen Einzelheiten) stimmt mit den von mir gewonnenen Resultaten über Pilobolus ebenso wenig überein, wie die (später ausführlich zu behandelnden) Specialitäten der Species des Pilobolus von *Klein*. Ich will bemerken, dass ich seit 2 Jahren über den Punkt der Untersuchung des Pilobolus hinaus bin, bis zu welchem *Klein* gekommen ist, dass es mir aber nicht räthlich schien, mit diesen Resultaten allein die mycologische Literatur zu vermehren.

masse im Sporangium, die andere die kleinen Arten mit kurzem Fruchtträger und wenig Quellsubstanz im Sporangium umfasst. Aus der Abtheilung der verzweigten Arten lassen sich 2 Gruppen bilden, die erste mit unverzweigtem Hauptstamme, aber zahlreichen Seitenzweigen, die vom Hauptstamme abweichende Sporangien tragen, die zweite mit verzweigtem Hauptstamme und nur einerlei Sporangien. Von der letzten Gruppe scheiden sich die Stolonen führenden Arten als besondere Section ab. — In diese hier, dem Zwecke unserer zweiten in der Einleitung gestellten Frage entsprechend, nur kurz und beiläufig angedeuteten Gruppen passen alle alten und neuen Mucorinen hinein, und es wird sich später ergeben, wie diese Gruppen an ihren Endpunkten einander sich nähern, und wie aus ihren Arten ohne grosse Sprünge eine natürliche Reihe hervorgeht, wenn noch die engeren Charaktere mit in Betracht gezogen werden.

Als Grundform der ersten Gruppe mit unverzweigten gestreckten Fruchtträgern kann der hier beschriebene Mucor Mucedo gelten, der sich von manchen ähnlichen Formen durch Grösse und Gestalt der Spore, Zartheit der Columella, Farbe der Fruchtträger etc. unterscheidet.

Die Classification der Mucorinen und speciell der Gattung Mucor wird erst in ihrer Einfachheit hervortreten, wenn die Familie enger abgeschlossen ist, was wieder nicht eher möglich sein wird, als bis die Conidienfrage ausser der negativen auch die positive Entscheidung gefunden hat. Sie soll hier an der prägnantesten Conidienform, dem Chaetocladium Jones'ii zuerst dargethan werden.

Chaetocladium Jones'ii

wurde im Jahre 1854 zuerst von *Berkeley* und *Broome*[1]) beschrieben und abgebildet. Sie fanden den zierlichen Pilz, dessen besondere Schönheit sie in den Worten »one of the most beautiful and interesting species of a very handsome group« schildern, als häufigen Genossen von einem Mucor caninus und anderen mistbewohnenden Schimmelpilzen und nannten ihn Botrytis Jones'ii.

Ausser dieser Beschreibung und Abbildung des Pilzes wurde derselbe von *Fresenius*[2]) zum Gegenstande specieller Untersuchung gemacht. Er gibt folgende Charakteristik: Rami sporiferi hypharum verticillati, terni, in ramulos patenti divaricatos apice setiferos divisi. Sporae simplices, globosae, in processibus ternis ramulorum clavaeformibus glomeratae. — Inter hyphas Mucoris Mucedinis et iis pseudoparasitica. Der Umstand, dass *Fresenius* den Pilz nur in Begleitung des Mucor fand, veranlasst ihn nach sorgfältiger Betrachtung zu der Bemerkung, dass er die Mucorfäden wohl eng umschliesse, sich pseudoparasitisch an sie anlege, aber nicht aus ihnen hervorwachse. Er wählt für ihn den Namen Chaetocladium Jones'ii, jedoch nicht ohne Misstrauen in seine Selbständigkeit, indem er bei der äusseren Aehnlichkeit mit Thamnidium elegans dessen möglicher Weise ungenaue Kenntniss betont und an die alten Instrumente erinnert, mit denen in dem vorhandenen Fadengewirre diese Pilze untersucht wurden. — Von *Woronin* und *de Bary*[3]) wurde nun der Pilz entwicklungsgeschichtlich untersucht, und nach dem Resultate der Sporencultur auf Objectträgern, wo Mucor Mucedo aus ihm wuchs, als Conidienform in seinen Entwicklungskreis eingeführt.

---

1) Ann. and Mag. of nat. hist. 19. Bd. 2. Serie.

2) Beiträge zur Mycologie. III. Heft. S. 97.

3) Beiträge. II. Serie. Mucor Mucedo. S. 13—24

Gelegentlich meiner Untersuchung über Dictyostelium mucoroides[1]) habe ich die letztgenannten Versuche von *de Bary* und *Woronin* mehrfach und zwar immer mit demselben Resultate wiederholt. Erst nach der Auffindung der Zygosporen von Mucor Mucedo und der Erkenntniss seines geschlossenen Entwicklungsganges wurde die Untersuchung von Neuem aufgenommen. Auch dann noch führten neue Wiederholungen der Cultur der Sporen zu keinem anderen Ergebnisse. Die Sporen von Chaetocladium (Fig. 1 Taf. III) sind nämlich sehr klein. Dadurch wurde die Verfolgung der einzelnen schwieriger; dazu war bei jeglicher Cultur die Anwesenheit von Mucorsporen mit Sicherheit nicht ausgeschlossen, sie schien kaum vermeidlich, als sich bei sehr vorsichtiger Prüfung des Culturmateriales herausstellte, dass die Fruchtstände von Chaetocladium fast ausnahmslos sehr minutiöse Sporangien von Mucor umschlossen, dessen runde Sporen (Fig. 11 Taf. III) ganz denen von Chaetocladium glichen. Nach einer Reihe von Mistculturen, die lediglich zum Zwecke reinen Culturmateriales aufgestellt wurden, zeigte endlich e i n e ein Verhalten, welches von allen früheren abwich. Der Mucor war sehr selten, dagegen das Chaetocladium aussergewöhnlich üppig, und es fructificirte hier ausser in seiner Conidienform mit schönen gelben Zygosporen. Sie sassen reichlich neben den Fruchtständen der Conidienträger, und es gelang ohne viel Mühe den genetischen Zusammenhang beider (Fig. 16 Taf. IV) ausser Zweifel zu stellen. Sowohl mit den Conidien, die hier völlig rein, ohne Beimengung von Mucorsporen, gesammelt wurden, wie mit den Zygosporen wurden die Culturversuche erneuet und die Untersuchung zum Abschluss gebracht.

An den Sporen (Conidien) gewahrt man schon in wenigen Stunden nach ihrer Aussaat in Mistdecoct die deutlichsten Anzeichen der K e i m u n g. Diese bestehen, wie bei Mucor Mucedo, in einer Anschwellung, die auch hier bis zum vielfachen (Fig. 2 a Taf. III) des Volumens der ursprünglichen Spore, deren Grösse zwischen 0,0018—0,0033 Mm. wechselt, fortschreitet, ehe Keimschläuche aus ihr hervortreten (Fig. 2 b Taf. III). Die Keimung zeigt bis hierher keinerlei Eigenthümlichkeiten, die Schläuche sind mit feinkörnigem Protoplasma erfüllt und von Vacuolen durchsetzt; auch die grosse Neigung zu vielseitiger Verzweigung hat von Mucor nichts abweichendes. Die Keimschläuche bleiben jedoch, so viel sich

---

[1]) Abhandl. der Senkenberg. naturf. Gesellschaft. Band VII.

ihrer auch bilden, sehr kurz und klein, und die ersten Verzweigungen bilden nur sehr kurze Aeste zweiten Grades (Fig. 3 Taf. III). Es ist, als ob sich mit einem Male ein schädlicher Einfluss in der Cultur geltend macht; das Wachsthum lässt mit dem 2ten Tage seit der Aussaat der Sporen nach, die Keimschläuche werden krank, verlieren ihren protoplasmatischen Inhalt und sterben ab. Die weitesten Zustände, die ich mit dem Aufgebot aller Culturerfahrungen erzielen konnte, sind in Fig. 4 Taf. III dargestellt. Die Keimlinge schritten in 3 Tagen bis zu diesem Zustande eines wild sparrig und kurz verzweigten Myceliums vor, welches dann aber ohne Fructification das Schicksal der früheren theilte. Auch Culturen im Grossen gediehen ebensowenig; nur wenn Mucorsporen mit in die Cultur hineingekommen waren, kam mit dem Mucor auch das Chaetocladium zur Fructification. Es wurden daraufhin vergleichende Culturen von Chaetocladium mit Mucorsporen und ohne diese von Neuem gemacht; die letzteren gingen unter, auf den ersteren erschien fructificirendes Chaetocladium mit Mucor. Ohne einen genetischen Zusammenhang, der nach der Auffindung beider Zygosporen ausser aller Wahrscheinlichkeit lag, war eine solche offenbare Abhängigkeit der Entwicklung des Chaetocladiums von Mucor kaum anders als in einem Parasitismus denkbar, dessen sichere Ermittlung meine nächsten Culturen bezweckten.

Es wurden einzelne wenige Chaetocladiumsporen mit einer einzigen Mucorspore zusammen ausgesäet und der Verlauf der Entwicklung beider in ihren gegenseitigen Beziehungen und ihrem Betragen verfolgt.

Ich muss hier bemerken, dass die Aussaat und die Verfolgung einer Spore mit grosser Leichtigkeit auszuführen ist, und dass Behauptungen kaum möglicher oder völliger Unausführbarkeit solcher Culturen, wie sie *Hoffmann*[1]) mehrfach in An-

[1]) Verh. der Section für Botanik und Pflanzenphysiologie der 41. deutschen Naturforscherversammlung zu Frankfurt a/M. nach dem Tageblatte der Versammlung mitgetheilt.

Zur Hefenfrage entgegnet Professor *Hoffmann* der Auffassung *de Bary*'s und *Woronin*'s:

»Das Verlangen eine einzelne Hefezelle bis zur Mucorfructification unter dem Mikroskope zu verfolgen, sei unausführbar, da der Weg der Entwicklung zu weit und complicirt für die bisher versuchten mikroskopischen Culturmethoden sei.«

Ferner: Mycologische Berichte von *Hermann Hoffmann*. 1870. S. 39. Bezüglich eines directen Nachweises des Zusammenhanges von Spore und Frucht durch Mycelium und Fruchthyphen, wie ihn *de Bary* als beweiskräftigen Versuch verlangt, bemerkt Prof. *Hoffmann*, »dass dies ein Ziel sei, was Jeder anerkennen, aber selten erreichen werde.«

knüpfung an seine mycologischen Untersuchungen und auch in seinem jährlichen Berichte mycologischer Arbeiten ausspricht, nur subjective Gültigkeit haben.

Die Mucorspore eilt in der Cultur in schneller Entwicklung den Keimlingen des Chaetocladiums voraus, sie hat schon ein Mycelium gebildet, wenn die letzteren eben erst auszuwachsen beginnen. Wo eine Mucorspore allein in einer Cultur regiert, wird die vegetative Ausbreitung des Myceliums eine ganz aussergewöhnliche. Die Fäden gehen über den ganzen Culturtropfen des Objectträgers und müssen schliesslich nothwendig mit den inzwischen vorgeschrittenen Keimschläuchen der Chaetocladiumsporen zusammenkommen. Wo diese Begegnung stattfindet, schliesst sich der dünne Keimfaden des Chaetocladiums eng an den des Mucor an; es entsteht in wenig Stunden ein dicker Knäuel (Fig. 8 d Taf. III) von eigenthümlichen Auswüchsen um ihn, von dem es zunächst unentschieden bleiben musste, ob er von dem einen oder dem andern gebildet wurde. Von den Knäueln erheben sich dünne, weithin in die Luft ragende Fäden, die an seitlichen Verzweigungen bald fructificiren und dadurch die Ernährungsfrage des Chaetocladiums durch den Mucor bestimmt entscheiden.

Nach Erledigung dieses fraglichen Punktes wurde die Frage enger gestellt: Wie, in welcher Art findet der Parasitismus des Chaetocladiums auf den Mucorfäden statt? Werden die Knäuel vom Mucor oder vom Chaetocladium gebildet? findet eine directe Verbindung beider oder eine Ernährung durch Endosmose ohne diese statt?

Eine genaue Feststellung dieser Punkte hatte hier grosse Schwierigkeiten: denn einerseits handelte es sich um eine günstige Lage des Keimschlauches von Chaetocladium zum Mucormycelfaden, anderseits um den kurzen Moment der ersten Verbindung. Bei offenenem Objectträger war der kritische Punkt nicht zu entscheiden, es mussten die Culturen im geeigneten Augenblicke durch Auflegen eines Deckglases möglichst vorsichtig und ohne Störung und Verwirrung der Fäden unterbrochen und theilweise sogar mit Hülfe einer Färbung (zur besseren Unterscheidung der Contouren) durch Anilinlösung untersucht werden. An die 50 Objectträgerculturen wurden allein nur diesem einen Zwecke geopfert, und sie ergaben bei Anwendung des Immersionssystems Nr. 10 von *Hartnack* das übereinstimmende Resultat, dass der junge Keimschlauch von Chaetocladium mit dem Mycelfaden des Mucor durch Resorption der

Membranen an der Berührungsstelle verschmilzt. Ueberall da, wo nur ein Faden von Chaetocladium in die Nähe des Mucor geräth, scheint dieses gewissermassen eine Anziehung auf ihn auszüben. Mit grosser Deutlichkeit zeigt Fig. 5 Taf. III diesen Einfluss, wo der Faden des Chaetocladium (*c c*) dem der Mucor (*a a*) parallel wächst und sichtbar durch seine Annäherung veranlasst gegen ihn, den Ort seiner Bestimmung, die copulirenden Seitenzweige treibt. Dem Acte der Verschmelzung geht eine Anschwellung des Chaetocladiumfadens über der Berührungsstelle mit dem Mucor voraus. An dieser lösen sich nach kurzer Berührung die Membranen, und die Verbindung ist hergestellt (Fig. 5, 6 und 7 d Taf. III). An dem Verbindungspunkte merkt man beim Mucor nicht die geringste Veränderung, der Inhalt erfährt keine entwicklungstörende Beeinflussung, erscheint normal und schön wie früher, dagegen zeigt das junge Chaetocladium die günstige Wirkung der ernährenden Nährpflanze. Ueber der ersten Anschwellung und Verschmelzung bilden sich neue Ausbuchtungen (Fig. 5, 6 und 7 e Taf. III), welche sich gegen den Mucorfaden senken, mit ihm an den nächst gelegenen freien Stellen zu verschmelzen. Mit dem ununterbrochenen Auftreten weiterer Saugapparate, Haustorien, kommt zuwachsend schnell der oben erwähnte verwickelte Knäuel zu Stande (Fig. 8 d Taf. III). Indem dann jedes Haustorium aus sich gleiche Organen zum gleichen Zwecke bildet, alle sich nach verschiedenen Richtungen erweitern, erscheint das Ganze schliesslich als monströser Auswuchs des Mucormyceliums. In den Culturen, wo mehrere Chaetocladien ein Mycelium befallen, erinnert das Bild an eine Baumkrone, die an vielen Stellen von der Mistel befallen ist. Die Knäuel gelten als der vegetative Zustand des Chaetocladiums, als sein Mycelium, das ihm in anderer Bedeutung völlig abgeht. Der Inhalt der Knäuel ist von gleicher Qualität wie im Mucormycelium, dieses leidet mit der Grösse der Knäuel durch den bedeutenden Verlust seines protoplasmatischen Inhaltes.

Von den Knäueln erheben sich direct die fructificirenden Fäden (Fig. 13 c Taf. III) in die Luft, wo wir ihr Verhalten nicht aus den Augen verlieren dürfen.

Es ist einfach, wenn der Mucor, zu sehr erschöpft, nicht fructificirt; die dünnen in die Luft ragenden Fäden bilden dann den verzweigten Conidienstand des Chaetocladiums (Fig. 13 d Taf. III), und dafür wird der Nahrungsstoff der Haustorien verwendet. Der Conidienreichthum steht im Verhältniss zur Ueppigkeit der Cultur, und nach der Fructification sind alle unter dem Culturtropfen

befindlichen Mycelfäden des Mucor und alle Haustorien des Chaetocladiums auf ihm nur von wässeriger Flüssigkeit erfüllt. Die in die Luft führenden fructificirenden Aeste enden fast nie mit Fruchtständen, diese entstehen meist auf Seitenzweigen (Fig. 13 d Taf. III), oder erscheinen so, weil die Hauptaxe als langer dünner Faden durchwächst. Diese Fäden bilden über dem Culturtropfen einen weissen zarten Hauch, der sich sogar weit über ihn hinaus ausdehnen kann. Ob ihrer Zartheit sind die Fäden von dem leisesten Einflusse bewegt, sie wenden sich nach allen Seiten, rollen sich sogar in vielen Windungen auf, und diese Analogien mit den Ranken klimmender Gewächse unter den Phanerogamen wird noch grösser, wenn man ihrer Bestimmung nachgeht. Das Chaetocladium hat in den Mycelien des Mucor nur seine Entwicklung eingeleitet, es wuchert weit mehr noch unter den Fruchtträgern selbst fort in allen den Fällen, wo das Mucormycelium, nur wenig befallen, zur Fructification sich anschickt. Kaum erhebt sich der Mucor, einen Fruchtträger zu bilden, in die Luft, so wird er von einem Chaetocladiumfaden erfasst und umrankt. An jeder Berührungsstelle werden Haustorien (Fig. 9 c Taf. III) erzeugt, die in nichts verschieden sind von denen auf den Mycelfäden des Mucor. An den jungen Fruchtträgern ist die Ernährung des Chaetocladiums, offenbar in Folge des Protoplasmareichthums, der gegen die Spitze andrängt, noch viel intensiver wie am Mycelium, und als natürliche Folge werden hier die Haustorien grösser und zahlreicher (Fig. 9, 10, 12 und 13 Taf. III); im Uebrigen haben sie denselben gelbröthlichen Inhalt, der den Fruchtträger des Mucor, wie wir von früher wissen, auszeichnet (Fig. 10 Taf. III). Es ist eben keine Seltenheit in Objectträgerculturen Fälle zu finden, wo ein Fruchtträger vor seiner Streckung der ganzen Länge nach befallen wird, selbst die schon gebildete Sporangiumanlage nicht ausgeschlossen (Fig. 9, 10, 12 und 13). Aus seiner Sporenbildung wird selbstverständlich nichts, dagegen treibt der Fruchtträger unter der befallenen Stelle neue Zweige zur Fruchtbildung, die in dem Masse, als sie wieder von Chaetocladium gefasst werden, sich verkleinern und endlich in sehr kleinen Sporangien fructificiren, die keine Columella und kleine runde, dem Mucor Mucedo ganz unähnliche Sporen haben (Fig. 11 Taf. III).

Diese äusserst zerbrechlichen kleinen Sporangien von Mucor werden fast von jedem Fruchtstande des Chaetocladiums eingeschlossen, und aus diesem Grunde war es unmöglich in früheren Fällen der Untersuchung reines, von Mucorsporen

freies Culturmaterial von Chaetocladium zu gewinnen, wodurch dann *de Bary*, *Woronin* und andere, die deren Culturversuche nachmachten, und auch ich anfangs irregeleitet worden sind.

In weit grösseren Verhältnissen sind die letzt besprochenen Einzelnheiten des Parasitismus bei Spontanculturen auf Pferdemist und auch bei künstlichen Aussaaten en masse auf Brod zu verfolgen. Hier hat der Mucor eine Ueppigkeit, dass er ohne allzugrossen Schaden den Schmarotzer ernähren kann. Dieser repräsentirt unter den Schimmelpilzen eine Schlingpflanze in ganzer Volkommenheit und Zierlichkeit, die zwischen den grossen Stämmen des Mucor wie in einem Hochwalde umherklimmt, ihre zarten mit blauen Fruchtständen geschmückten Guirlanden in allen Höhen bald von dem einen Faden zum andern windet, bald sich epheuartig an ihnen hinaufschlingt die nackten Schäfte zu schmücken. — Die Haustorien von Chaetocladium erreichen auf solchen Culturen in dicken unregelmässigen Knäueln die Grösse eines Stecknadelknopfes; aus ihnen strahlen nach allen Seiten die fructificirenden Ranken (Fig. 12 und 13 Taf. III) aus, die sich über weite Strecken ausdehnen, mit ihren Enden und Aesten neue Fruchtträger des Mucor befallen, die Vegetation fortzusetzen, so lange noch ernährender Mucor vorhanden ist. In diesem unbegrenzten Wachsthume und zugleich üppigster Vegetation erhielt ich oft das Chaetocladium wochenlang in besonders für diesen Zweck hergerichteten Culturen auf Brod. Die Sporen desselben wurden nur auf eine beschränkte Stelle des Substrates gesäet, von wo es sich dann nach allen Richtungen ausbreitete, sogar auf neu angelegte Mucorculturen hinüberrankte, was beliebig oft und lange wiederholt werden konnte. — An den aus mächtigen üppigen Haustorien hervortretenden Ranken bilden sich mitunter haustorienartige Auswüchse auch ohne Mucor, sie sind in Fig 14 Taf. III in ihren Anfängen, in Fig. 15 als dicker Knäuel gezeichnet.

Nur ein einziges Mal kamen auf der grossen Zahl von spontanen und künstlichen Culturen, die ich seit lange ohne Unterbrechung unterhalte, die Zygosporen des Chaetocladiums vor und zwar auf der früher erwähnten spontanen Pferdemistcultur. Sie wurden schon früh bemerkt, so dass zwar nicht die allerersten, doch die nächsten Zustände der Bildung beobachtet werden konnten. Der Vorgang ist genau derselbe wie bei der Bildung anderer und der vorher beschriebenen Zygosporen von Mucor Mucodo, nur mit dem Unterschiede, dass hier nicht immer die Endäste copuliren, dass die Copulationen auch an

kurzen Ausstülpungen im Verlaufe der Fäden entstehen. Dadurch haben die Träger oft 2 Ausgangspunkte (Fig. 17—22 Taf. IV) entweder nach einer oder nach 2 entgegengesetzten Seiten; daneben macht sich ein Grössenunterschied in den Copulationszellen selbst (Fig. 17 und 18 a Taf. IV) und namentlich auch in den Trägern (Fig. 17—22 b Taf. IV) bemerkbar. Die letzteren wachsen bei Chaetocladium mit der Zygospore aus, übertreffen sie sogar an Grösse (Fig. 21 b Taf. IV), wie es bei Syzygites megalocarpus vorkommt, während sie doch bei Mucor Mucedo (Fig. 16 und 17 Taf. II) nicht viel über ihre anfängliche Dimension hinauskamen. Die Zygospore selbst hat 2 Membranen, die äussere (Fig. 23 und 25 Taf. IV) ist gelb, stark warzig und cuticularisirt, die innere (Fig. 24 Taf. IV) besteht aus ungefärbter Cellulose. Beide Membranen sind, wie dünne Durchschnitte (Fig. 25 Taf. IV) zeigen, von grosser Mächtigkeit, den stacheligen Auswüchsen der äusseren (*a*) correspondiren indess keine gleichen auf der inneren (*b*), wie bei Mucor Mucedo (Fig. 20 Taf. II); sie ist, wenn man sie aus dem Exosporium unverletzt heraussprengt, überall auf ihrer Fläche (Fig. 24 a Taf IV) glatt und umfasst einen sehr feinkörnigen hellen Inhalt mit einem dicken Oeltropfen (*b*), der der reifen Zygospore nie fehlt und durch beide Häute durchschimmert. Breitet man das abgesprengte Exosporium aus, so zeichnet sich nach beiden Seiten (in Fig. 23 nur in *b*) die rundumschriebene Ansatzstelle der Träger hell und farblos auf der gelben Membran ab. — Nach eingetretener Copulation nimmt die junge Zygospore um das 6—10fache (Fig. 19—22 Taf. IV) an Grösse zu, sie misst mit ihrer Reife 0,0300—0,0495 Mm. Neben einander aus einem Faden entsprungene kopulirende Aeste habe ich nicht finden können, wiewohl sie oft in Menge nahe bei einander gebildet wurden und zwar, wie schon bemerkt, zwischen den Conidienständen (Fig. 16 Taf. IV). Die Träger der Zygosporen und überhaupt alle fructificirenden Fäden des Chaetocladiums mit Ausnahme der Sporen sind aussen fein granulirt (Fig. 16—22 Taf. IV). Die Unebenheiten verschwinden mit Salzsäure, bleiben beim Verbrennen und sind oxalsaurer Kalk; seine Anwesenheit kann nicht befremden, wenn man den reichlichen Kalkgehalt und seine Ablagerungen an der Nährpflanze, wie wir ihn früher kennen lernten, in Betracht zieht.

Die Zygosporen wurden zum sicheren Gelingen ihrer Keimung auf einem Theil des Mistes der ungestörten natürlichen Reife überlassen und nicht eher gesammelt, als bis sie in der Frist mehrerer Tage keinerlei sichtbare

Veränderungen mehr erfuhren. Genau wie bei den früheren Versuchen wurden sie auf Objectträgern unter einer Glocke im feuchten Raume aufbewahrt, jedoch vorher durch Präparation von den Conidienständen und allen Unreinigkeiten aufs vorsichtigste befreit. Es ist bei diesen Culturen besonders zu vermeiden, dass die Zygosporen von dem sich unter der Glocke niederschlagenden Thau ganz unter Wasser gestellt werden, weil sie dann verfaulen; bei der Kleinheit der Sporen hat die Beobachtung dieser Vorsicht ihre sehr zeitraubenden Schwierigkeiten. Die Culturen wurden am 5. März 1870 aufgestellt, in der Frist von je mehreren Tagen controlirt und von schädlichen Einflüssen gereinigt. Bis Anfang Juni lagen sie ohne ein Zeichen der Veränderung, inzwischen verfaulte ein Theil, wahrscheinlich die nicht ganz reif gewordenen Sporen, der Rest verlor seine Träger. Die Schwierigkeiten der Reinigung wuchsen in dem Masse, als aus den verfaulten Sporen Nährstoffe für Bacterien, Penicillium, Pleospora etc., die sich unvermeidlicher Weise auch hier ansiedelten, entstanden, sie musste fast täglich besorgt werden. Nun verschwand in den Sporen der Oeltropfen, der Inhalt wurde körnig und dunkel (Fig. 26 Taf. IV) und vom 15. Juni an trat reichliche Keimung ein, die wiederum an mehreren hundert Sporen bis zum 19. Juli, dem Tage meiner Einberufung in die Armee, von mir, später bis zum 29. August vom Prof. *de Bary* beobachtet wurde. Sie gleicht völlig der bei Mucor Mucedo, statt des Fruchtträgers von Mucor wächst hier direct ein Fruchtträger von Chaetocladium aus der Spore hervor. Der Fruchtstand ist an diesem Träger meist endständig (Fig. 29 u. 30 Taf. IV), nur in seltenen Fällen wächst die Axe eine Strecke durch. Sie endet aber immer steril (Fig. 31 Taf. IV), selbst aus den grössten Zygosporen gehen niemals Conidienträger mit mehreren Fruchtständen über einander hervor. Beide Häute werden vom Keimschlauche durchbrochen (Fig. 27—31 Taf. IV), die äussere des Exosporium ist mitunter in weitem Risse aufgesprengt (Fig. 27 u. 28 Taf. IV). Es ist Regel, dass sich nur ein Fruchtträger aus der keimenden Zygospore erhebt (Fig. 31 Taf. IV), eine Mehrheit der Keimschläuche kommt nur da vor, wo in Folge von Störungen die ersteren theilweise oder ganz verunglücken (Fig. 27—30 Taf. IV). Die weiteren nachfolgenden Keimschläuche sind dann klein, wenig verzweigt in ihren Fruchtständen und arm an Conidien (Fig. 27 Taf. IV). Der Fruchtträger ist vor der Fructification mit dichtem körnigem Inhalte erfüllt und völlig scheidewandlos, nach der Bildung der Conidien ist der protoplasmatische Inhalt verschwunden, und nun erst sind zahlreiche

Querwände vorhanden, die ihn ohne regelmässige Anordnung durchsetzen (Fig. 27 bis 31 Taf. IV).

An den einzelnen Fruchtträgern der keimenden Zygosporen, deren Ausbildung langsam erfolgt und erst in 2 bis 3 Tagen zu Ende geht, lässt sich schrittweise das Auftreten der Verzweigungen, woran in letzter Instanz die Conidien entstehen, verfolgen. In einem Wirtel im Verlaufe (Fig. 27, 29 u. 31 d Taf. IV) der Hauptaxe oder an ihrem Ende (Fig. 30 d Taf. IV) — die Spitze wächst oft nach dem Auftreten der Seitenäste durch allmähliche Verjüngung pfriemförmig aus (Fig. 27 u. 29 Taf. IV) — entspringen 3—5 Seitenäste, die in fast rechtem Winkel abstehen. In der Mitte jedes Astes, dessen Ende in eine sterile lange Spitze ausgeht, entspringt ein neuer Wirtel von Zweigen, deren jeder, wiederum steril und pfriemförmig endend, Zweigen dritten Grades Ursprung gibt, die zwar auch an der Spitze pfriemförmig abschliessen, jedoch um sich herum auf einer mittleren Verbreiterung an vielen, oft über 20 zarten Spitzen, Zweigen vierten Grades, je eine Spore abschnüren. Bei schwachen Exemplaren sind die Wirtel dünn, sparsam, oft auf einen oder zwei Zweige reducirt (Fig. 27 f Taf. IV), die Sporen erscheinen hier an den Zweigen zweiten oder dritten Grades, während an üppigen Exemplaren 5fache Verzweigung (Fig. 29—31 Taf. IV) keine Seltenheit ist.

Die Conidien des Chaetocladiums fallen mit der Reife leicht von ihren Fruchtträgern ab (Fig. 29 d Taf. IV), beim Abheben eines Fruchtträgers verstäuben sie schon durch die leiseste Erschütterung in Form einer kleinen blauen Wolke. Der Fruchtträger mit zahlreichen reifen Conidien hat ein hellblaues Aussehen. Die blaue Farbe der Sporen ist nur an der Masse, nicht an der einzelnen sichtbar. Die Sporen sind rund (Fig. 1 Taf. III), wie man beim Rollen in Wasser sieht, von einer glatten Membran umgeben, auf der die frühere Anheftungsstelle an das Sterigma nicht mehr zu finden ist.

Der Entwicklungsgang des Chaetocladiums ist mit der Keimung der geschlechtlich erzeugten Fruchtkörper zum Ursprunge, zu den ungeschlechtlichen Conidien, zurückgeführt und hiermit abgeschlossen.

Zur Vervollständigung der Versuche wurden mit den Sporen der Fruchtstände von den keimenden Zygosporen des Chaetocladiums allein und später im Verein mit den Sporen der Sporangien gekeimter Zygosporen von Mucor Mucedo die Culturen wiederaufgenommen und bis auf die Bildung von Zygosporen, die sich noch nicht wieder gebildet haben, öfters wiederholt, und zwar immer

mit demselben Resultate, so dass dem Mitgetheilten auch nicht ein Wort der Ergänzung hinzuzufügen ist.

Anders steht es mit einer weiteren, viel umfangreicheren Versuchsreihe, den Parasitismus des Chaetocladiums, nachdem er für Mucor Mucedo bestimmt erwiesen, auch für die übrigen Mucorinen zu prüfen und festzustellen. Die Culturen wurden mit den lange bekannten und manchen neu aufgefundenen Arten des Genus Mucor und ferner mit den verschiedenen Pilobolis der Reihe nach auf Objectträgern durchgemacht, ganz so, wie es beim Mucor Mucedo geschehen ist. Gegen alle, auch die Verwandten des Mucor Mucedo, verhielt sich das Chaetocladium passiv, die Keimlinge gingen unter, als wenn kein Mucor zugegen wäre, mit alleiniger Ausnahme des Mucor stolonifer. In unbegreiflicher Geschmacksverirrung hatten sie zu diesem garstigen Mucor eine noch grössere Zuneigung wie zum Mucor Mucedo und fructificirten später üppiger denn je. Bekanntlich ist dieser Mucor durch schwarze verdickte Membranen seiner Ausläufer und Fruchtträger ausgezeichnet, die ihm den alten Namen Rhizopus nigricans eintrugen; und merkwürdig genug gingen diese Eigenschaften der Nährpflanze auch auf den Schmarotzer über. Die Haustorien und Fäden des auf dem Mucor schmarotzenden Chaetocladiums wurden völlig schwarz, nur die Sporenstände hatten ihre violette Färbung. Gibt man bei Massenculturen auf Brod dem Chaetocladium einen Vorsprung von 12 bis 24 Stunden, je nach der Wärme der Jahreszeit, so wird der Mucor stolonifer völlig erdrückt, er geht ohne Fructification unter. Man kann dies Schauspiel, wie dem frechen Eindringlinge, mit dem gewiss jeder Mycologe, der Pilze cultivirt, auf gespanntem Fusse steht, gegen den man einfach das Feld ob seiner Unverschämtheit räumen muss, hier der Garaus gemacht wird, nicht ohne Schadenfreude verfolgen. Als Antidot gegen seine räuberischen Einfälle kann man mit vielem Vortheile das Chaetocladium verwerthen. Als Endresultat des Parasitismus von Chaetocladium stellt sich also heraus, dass es an die Gegenwart von Mucor stolonifer und Mucor Mucedo gebunden ist, deren Mycelien es zuerst befällt, später auch deren Fruchtträger.[1])

[1]) Für diejenigen, die etwa diese Versuche über den Parasitismus des Chaetocladiums nachmachen sollten, will ich bemerken, dass es eine andere Species von Chaetocladium gibt, die alle Mucorinen ohne Ausnahme befällt. Sie stimmt im Habitus genau mit der hier beschriebenen überein, weicht nur allein durch die Grösse der Sporen von ihr ab; die Keimung und Entwicklungsgeschichte ist dagegen ganz anders, und es mag hier vorläufig die Angabe genügen, dass sie ein Halbparasit ist und nur die Fruchtträger von allen Mucorinen befällt.

Für dies auffallende Verhalten des Chaetocladiums gegen die einzelnen Mucorinen ist niemals, es mag das zur Sicherheit erwähnt sein, der einzelne Versuch massgebend gewesen, sondern erst eine Versuchsreihe von wenigstens 10 übereinstimmenden Culturen als Beweis angenommen, um jede Unrichtigkeit und Fehlerquelle so viel als möglich auszuschliessen. Die Zahl der Objectträgerculturen, die zu der hier mitgetheilten Kenntniss des Chaetocladiums ausgeführt wurden, geht weit in die Hunderte, sie bleibt jedoch noch erheblich gegen die Zahl derer zurück, die für die Untersuchung von Piptocephalis Freseniana nöthig waren, zu der wir als fragliche Conidienform von Mucor Mucedo nun übergehen.

Piptocephalis Freseniana

ist ein kleiner conidientragender Pilz, dessen zuerst *Fresenius*[1]) gedenkt.

Wie *Fresenius* fanden ihn später *de Bary* und *Woronin*[2]) stets in Gemeinschaft mit Mucor Mucedo auf Pferdemist, wo er nach dem Abblühen des Mucor zum Vorschein kam. Sie geben eine Beschreibung der fertigen Conidienträger, die Untersuchung des Myceliums und Keimversuche mit den Sporen blieben erfolglos. Sie nannten den Pilz Piptocephalis Freseniana und liessen mit *Fresenius* die Frage über einen genetischen Zusammenhang mit Mucor Mucedo unentschieden, da ein directer Zusammenhang beider nicht nachzuweisen war.

Uebereinstimmend mit den genannten Beobachtern fand ich die Piptocephalis sehr häufig und nie anders als in Begleitung von Mucor Mucedo auf Mistculturen; es kamen im Ganzen nur wenige vereinzelte Fälle vor, wo sie nicht erschien. Während einer kurzen Zeitdauer trat sie in meinen Pferdemistculturen mit einer solchen Ueppigkeit auf, dass mir dadurch die Veranlassung gegeben wurde, sie näher zu untersuchen und das dargebotene, leicht rein zu gewinnende Sporenmaterial für Culturversuche in Mistdecoct auf Objectträgern zu verwenden, wenngleich die Frage über eine Zusammengehörigkeit mit dem Mucor Mucedo nach den uns bekannten Thatsachen von vornherein ausgeschlossen war.

Die Conidienträger wurden von *de Bary* und *Woronin* richtig beschrieben und auf der Tafel V, Figur 17, 18 und 19 der citirten Arbeit in den Einzelnheiten abgebildet. Sie erheben sich in einer Höhe von 4 bis 7 Linien über das Substrat. Zur Bildung von Conidien gabelt sich der zunächst unverzweigte Fruchtträger an seiner Spitze. Die beiden in gleicher Höhe und zu gleicher Zeit auftretenden Aeste enden bald ihr Längenwachsthum durch abermalige Gabelung

---

1) Bot. Zeitung 1864, p. 154.

2) Beiträge 2. Serie, Mucor Mucedo, S. 23—24.

in entgegengesetzter Richtung, als die erste erfolgt ist, und dieser Vorgang der Gabelung wiederholt sich dann schnell an den je neu erstandenen Gabelästen 2 bis 4 Mal je nach der Grösse des Fruchtträgers (Fig. 4 bis 9 Taf. V) in fast stets sich kreuzender Richtung. Die kurzen dichotomen Aeste letzten Grades (Fig. 4 Taf. V) bilden nun an ihrer Spitze die Sporen. Mit dem Aufhören der dichotomen Theilung schwellen alle Spitzen der Enddichotomien knopfförmig an (Fig. 4 bis 9 c Taf. V), und sehr bald entspringen auf dieser unregelmässig knopfförmigen Verbreiterung eine grosse Zahl (bis gegen 30) sehr zarter Schläuche dicht neben einander (Fig. 4 d Taf. V). Die Schläuche wachsen, mit zunehmender Länge mehr und mehr divergirend, zur Cylindergestalt heran (Fig. 5 d Taf. V) und erreichen die Höhe von 0,0204 Mm. bei einem durchschnittlichen Durchmesser von 0,002 Mm., dann zerfallen sie, bis hierher einzellig, durch Scheidewände[1]) in je 3—5 Theile (Fig. 6, 7, 9 d Taf. V). Die einzelnen Theilabschnitte trennen sich allmählich durch zunehmende Wölbung der Scheidewände an ihren Verbindungsstellen von einander (Fig. 7 d Taf. V) und stellen die Sporen des Pilzes dar (Fig. 1 Taf. V). Mit dem Beginn der Sporenbildung durch Zergliederung der Schläuche wird zugleich die knopfförmig verbreiterte Spitze des Astes, aus welcher die Schläuche hervorgewachsen sind, durch eine doppelte Scheidewand von diesem abgegliedert (Fig. 4 bis 9 c Taf. V). Mit der Reife der Sporen tritt auch hier eine Wölbung der Scheidewände und damit eine Abtrennung des Köpfchens vom Fruchtträger ein, das beim leisesten Einflusse mit den Sporen abfällt (Fig. 7 u. 8 Taf. V). Sehr anschaulich wird dieser Vorgang des Kopfabwerfens bei reifen Fruchtträgern schon durch blosses Abheben der Glocke bewirkt, mit der die Cultur bedeckt ist; in wenigen Minuten sind die vorher reichen Fruchtstände scheinbar verschwunden, und es ragen nur mehr die nackten Träger mit ihren dichotomen Verzweigungen (Fig 11 Taf. V) auf dem Substrate hervor, das reich besäet ist mit abgeworfenen Sporen und Köpfchen, die hie und da noch in losem Zusammenhange (Fig. 7 Taf. V) anzutreffen sind. Die vollständig von Sporen befreiten Köpfchen lassen die früheren Insertionsstellen der Schläuche, aus denen die Sporen durch Theilung entstanden sind, an kleinen Protuberanzen erkennen (Fig. 8 Taf. V). — Die Sporenreife bei den Conidienträgern sieht man in der allmählichen Ver-

[1]) Ob die Scheidewände in den Schläuchen succedan oder simultan auftreten, konnte nicht entschieden werden. Das Letztere scheint mir wahrscheinlicher, da in allen beobachteten Fällen die Wände entweder gar nicht oder schon sämmtlich gebildet waren.

änderung ihrer Farbe schon von Aussen. Der Conidienstand ist anfangs weiss, wird dann später gelb bis braun. Auch die Fruchtträger erhalten mit der Reife ihrer Sporen verdickte cuticularisirte Membranen und eine tief braune Farbe.

An den Sporenschläuchen fallen die Theilabschnitte für die einzelnen Sporen sehr verschieden aus, hier sind sie doppelt so lang als dort und so wechselt die Gestalt der Sporen (Fig. 1 Taf. V), die eine Länge von 0,0033—0,0051 und eine Breite von 0,0018—0,0023 Mm. haben, von einem sehr kurzen bis langgezogenen Cylinder Nur mit den völlig gereiften Sporen gelingen die Keimversuche in Mistdecoct.

Die Keimung der Sporen ist mit einer starken Anschwellung derselben verbunden. Sie dehnen sich nach der Richtung ihrer Breite (Fig. 2 a Taf. V) mit alleinigem Ausschlusse der beiden äussersten entgegengesetzten Längenspitzen zum Vielfachen ihrer natürlichen Grösse aus. An der zur Kugelgestalt geschwollenen Spore heben sich ihre früheren Enden als Kappen (Fig. 2 b Taf. V) bei sehr starker Vergrösserung ab. Die bald von der keimenden Spore einzeln (Fig. 2 c Taf. V) oder nach verschiedenen Richtungen zahlreich (Fig. 2 d Taf. V) ausgehenden sehr dünnen Keimschläuche enden ihre Entwicklung ohne Ausnahme in einer Frist von 2 Tagen, in der sie im besten Falle die Gestalt eines winzigen sparrig verzweigten Myceliums erreichen (Fig. 3 Taf. V). Sie sind selbständig ebensowenig entwicklungsfähig wie die von Chaetocladium, mit denen sie in vielen Punkten Aehnlichkeit haben (Fig. 3 Taf. III), sie gelangen in Reinculturen niemals zur Fructification. Einerseits dieser Umstand, anderseits das ausschliessliche Vorkommen der Piptocephalis mit Mucor Mucedo und die hiermit übereinstimmende sich stets wiederholende Thatsache, dass in unreinen Culturen, in welche einzelne Mucorsporen gerathen waren, die Piptocephalis zur Entwicklung kam, legten die Vermuthung sehr nahe, dass auch sie ein Schmarotzerpilz auf Mucor sei, ähnlich wie Chaetocladium.

Ich ging darauf hin zu gemischten Culturen über aus wenigen Piptocephalissporen mit einer Spore von Mucor. Die kleinen Keimlinge der ersteren zeigten zu dem Mucormycelium dieselbe Zuneigung (Fig. 12—14 Taf. V), wie die von Chaetocladium, und immer dort, wo eine gegenseitige Berührung stattgefunden hatte, verschwanden unter weiter, dichter, allseitiger Verzweigung (Fig. 15 u. 16 Taf. V) die Umrisse zwischen den Berührungsstellen beider Fäden. Es ist unmöglich, ein Bild dieser Verzweigung, welche sichtbar nur von dem

Mucorfaden gebildet wurde, zu zeichnen, und wenn ich auf Fig. 12—16 Taf. V hinweise, so muss ich bemerken, dass hier erst der Anfang der Verzweigung eingetreten und viele Aeste ausgelassen sind. Die Lösung dieser Verwicklung schien unmöglich; selbst bei Anwendung der stärksten Objective. Immersion 10 von *Hartnack*, konnte, auch in den ersten Anfängen, nichts von einer Copulation oder von Haustorien über oder im Mucorfaden bemerkt werden. Im Gegentheile traten sogar die geschlossenen Contouren beider Fäden (Fig. 12—14 e Taf. V) deutlich markirt hervor, auch zu einer Zeit, wo der gegenseitige Einfluss sowohl in der Bildung der Verzweigungen (*b*) am Mucorfaden, wie in der Anschwellung des Keimschlauches (*d*) von Piptocephalis in Folge der Ernährung durch den Mucor ganz unverkennbar war. Auch die Färbung mit Anilin führte über den fraglichen Punkt zu keinem befriedigenden endgültigen Abschlusse.

Erst als nach langer Pause (bis Mitte Februar dieses Jahres 1871) die Untersuchung von Piptocephalis wieder aufgenommen wurde, führte ein Kunstgriff über die unzulängliche nothdürftige Annahme der Ernährung durch Endosmose hinaus. Bestanden nämlich die Hindernisse der Untersuchung hier in der Beeinflussung des Mucor an den Berührungsstellen mit der Piptocephalis (und auch an ferner von diesen Punkten gelegenen Stellen) (Fig. 16 b_2 Taf. V) die tollsten Verzweigungen zu bilden, als ob er sich sträube gegen die Zärtlichkeit des ungebetenen Gastes, so konnte es nicht unmöglich erscheinen, diese Verzweigungen, die eine exacte Untersuchung unmöglich machten, ganz auszuschliessen, ohne jedoch zugleich der Ernährung des Parasiten irgend zu schaden. Es wurde in der Entwicklungsgeschichte des Mucor Mucedo festgestellt, dass dieser erst nach Vollendung seines vegetativen Wachsthums, nach der völligen Ausbildung seines Myceliums, zur Fructification schreitet, und dass diese in der Ausbildung eines oder mehrerer Fruchtträger, je nach der Ueppigkeit des Myceliums, vor sich geht, wofür dann dessen Inhalt verwendet wird. Die Ausführbarkeit des Versuches beruhte also darauf, die Fructification eines Mucormyceliums auf eine Zeitlang unterdrücken zu können, ohne dem Mycelium selbst dadurch zu schaden; wurden dann in dieser Zeit der vollendeten Ausbildung des Myceliums die Piptocephalissporen in die Cultur gebracht, so stand der Ernährung ihrer Keimlinge durch das nicht geleerte Mycelium des Mucor nichts im Wege, diesem war aber mit dem Abschlusse seines vegetativen Wachsthums die Möglichkeit der Zweigbildung abgeschnitten. Den Gedanken zu realisiren wurde in neuen Culturen dem Mucor ein

Vorsprung von 24 Stunden gegeben und erst dann, als die Spore desselben schon lange Keimschläuche getrieben hatte, wurden einige Piptocephalissporen in die Cultur eingesäet und von nun an in Intervallen von 12—18 Stunden die vom Mycelium angelegten aufstrebenden Fruchtträger von Mucor mit der Nadel vorsichtig unter den Culturtropfen getaucht. Dies gewaltsame Bad bekam ihnen ohne Nachtheil für das Mycelium so schlecht, dass nun nichts mehr aus ihnen wurde, und während dann das Mycelium einen neuen Fruchtträger anzulegen bestrebt war, hatten die jungen aus den Sporen der Piptocephalis heranwachsenden Keimschläuche Zeit, die mit Nährstoff noch reich versehenen Fäden des Myceliums zu befallen. Die Resultate des Versuches bestätigten vollkommen die Voraussetzung, das Mucormycelium vermochte keine Verzweigungen mehr zu bilden an den Stellen, wo es von der Piptocephalis befallen wurde, und bei der reichlichen Ernährung und darum aussergewöhnlichen Ueppigkeit des Parasiten war nunmehr die Art des Parasitismus ohne Schwierigkeit in allen Einzelnheiten festzustellen.

An jeglicher Berührungsstelle der Keimlinge von Piptocephalis mit einem Mycelfaden des Mucor gewahrt man deren Anschwellung am Ende (Fig. 12—14 e Taf. V), wie sie schon früher gesehen wurde. Mit dieser Anschwellung ist der innigste Anschluss des Parasiten an den Mucorfaden verbunden. Als Zeichen eingeleiteter Ernährung beginnt der Piptocephalisfaden zu schwellen und zu wachsen; das Wachsthum erstreckt sich auf die Spore zurück und auf die nach entgegengesetzter Richtung austretenden Keimschläuche (Fig. 12—16 d Taf. V), sie selbst erscheint oft nur mehr als eine Anschwellung im Verlauf der scheidewandlosen Fäden. Sie alle neigen ihre Spitzen (Fig. 12—14 d, e Taf. V) zum Mucorfaden, hier anzuschwellen und für Ernährung zu sorgen, und so finden sich dicht nebeneinander in der Regel viele Haustorien im Verlaufe eines Mucorfadens (Fig. 17 c Taf. V). In dem Masse, als er von seinem dichten Inhalte entleert wird, erscheint das Bild deutlicher und klarer. Von den Anschwellungen der Piptocephalis auf dem Mucorfaden gehen Büschel langer feiner Fortsätze in sein Inneres (Fig. 17 u. 18 c Taf. V u. VI), sie divergiren nach allen Richtungen von der Eintrittsstelle und sind hie und da einfach verzweigt. So lange der Mucorfaden mit Inhalt erfüllt ist, kann man sie nicht deutlich unterscheiden, auch ohne Anwendung der stärksten Objective ist dies nicht möglich und auch dann nur nach vorheriger Färbung mit Anilin. An einzelnen Stellen, wo sich viele Haustorien nahe bei einander befinden, ist der Mucorfaden wie mit feinen Haaren erfüllt, die vielfach durch-

einander wachsen (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI). Diese zarten Fäden sind die Saugorgane des Pilzes, mit denen er sich von dem protoplasmatischen Zelleninhalte der Nährpflanze ernährt. Sie gehen immer genau aus der Mitte der Beule hervor, die sich einer plastischen Masse gleich von der Fadenspitze des Parasiten über den Mucor verbreitet und ihm mit einer Festigkeit aufsitzt, dass eine mechanische Trennung unmöglich ist.

Die erwähnten Fäden der Piptocephalis folgen in ihrer Wachsthumsrichtung zunächst dem Verlaufe der dicken Arme des Mucormyceliums, welche in zahlreichen unregelmässigen Windungen von ihnen auf weite Strecken oft dicht umrankt werden (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI). Sie sind in ihrem ganzen Verlaufe mit Haustorien aufs reichste versehen. Diese bilden sich an allen directen Berührungsstellen des Parasiten mit der Nährpflanze, auch an beliebigen Stellen der Piptocephalisfäden treten dem Bedürfnisse der Ernährung entsprechend kleine Seitenäste (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI) gegen den Mucor, um neue Haustorien zu bilden. Dort wo die Spitze eines Fadens der Nährpflanze sich aufgesetzt hat, tritt meist oberhalb der Ansatzstelle ein Seitenast (Fig. 18 Taf. VI) auf, das Wachsthum fortzusetzen. Eine reich ernährte Piptocephalis vermag Ausläufer nach anderen weit entlegenen Fäden des Mucor und nach neuen Mycelien zu senden. Sie setzen sich dort an, bilden Haustorien und ernähren sich selbständig weiter genau so, wie wir es beim Chaetocladium kennen gelernt haben.

Allmählich findet in dem Masse geförderter Ernährung über den Hauptstellen des befallenen Mucor eine bedeutende vegetative Vermehrung der Fäden des Parasiten statt, sowohl durch Verlängerung und Verdickung der ersten Fäden (Fig. 19 e Taf. VI), die von den Haustorien ausgehen, als durch Bildung neuer Verzweigungen (Fig. 19 f Taf. VI) aus ihnen. Alle vegetativen Fäden der Piptocephalis zeichnen sich durch einen eigenthümlich unregelmässigen, rankenartig gedrehten, vielfach um sich selbst gewundenen Verlauf aus. Sie durchranken sich gegenseitig und repräsentiren am Abschluss des vegetativen Lebens ein wirr verschlungenes Mycelium, über den ersten Hauptansatzstellen einen unentwirrbaren Knäuel von Fäden, wie er durch Zeichnung kaum wiederzugeben ist (Fig. 19 Taf. VI). Soviel sich unterscheiden lässt, sind alle Fäden vor der Fructification scheidewandfrei und von vacuolenlosem, wenig körnigem Plasma erfüllt, das durch sein eigenthümliches Lichtbrechungsvermögen die Piptocephalis in jedem Fadengewirr leicht unterscheidbar macht. Im Verhältniss zu den Dimensionen der

Mucorfäden ist sie, wie ein Blick auf die Abbildungen (Fig. 12 u. 19 Taf. V u. VI) zeigt, von zwergartiger Kleinheit, die dicksten Fäden hatten nur einen Durchmesser von 0.0051, die dünnsten von 0,0008 Mm.

Zur Bildung von ungeschlechtlichen Fruchtträgern wachsen die dünnen Endäste ohne Verzweigung zu grosser Länge aus und treten dann in weiter Ferne von ihrer Ursprungsstelle (Fig. 19 f Taf. VI) über die Oberfläche des Culturtropfens. Die Bildung des Fruchtträgers (Fig. 19 k Taf. VI) geht mit grosser Geschwindigkeit im Laufe eines halben Tages vor sich; sind sie gebildet, so ist es sehr schwer und ohne Färbung des Präparates mit Anilin ganz unmöglich, sie zum Mycelium zurückzuverfolgen. Dasselbe ist in seinen fructificirenden Ausläufern (Fig. 19 f Taf. VI) von ausnehmender Feinheit, und diese sind nach dem Verluste des Inhaltes durch die Fructification kaum mehr sichtbar und kenntlich, ein Umstand, der es leicht erklärlich macht, warum *de Bary* und *Woronin* ein Mycelium zu dem fructificirenden Pilze nicht aufzufinden vermochten. Diese dünnen Mycelfäden stehen in sehr auffallendem Contraste (Fig. 11 a u. c Taf. V und Fig. 19 f u. k Taf. VI) zu den Dimensionen des Fruchtträgers selbst, den sie hervorbringen. An der Uebergangsstelle zum Fruchtträger nimmt der Faden in oft plötzlicher Verbreiterung bis zum 6—10fachen an Dicke zu. Bei grossen Fruchtträgern mit 5—6mal wiederholten Dichotomien sollte man es im fertigen Zustand kaum für möglich halten, dass sie aus so feinen zarten Fäden gebildet sein könnten. Die Fruchtträger haben eine Breite von 0,0198 Mm., wogegen die dünnen Mycelfäden nur 0,001—0,002 messen.

Bei jenen eben erwähnten Culturversuchen, durch die es gelang, die Piptocephalis in der Art ihres Parasitismus zu beobachten, fand ich zugleich ihre geschlechtliche Befruchtung und daraus hervorgehende Fruchtkörper. Höchst wahrscheinlich wurde der Parasit zur geschlechtlichen Fructification durch die besonders üppige und ungestörte Ernährung auf der Nährpflanze angeregt. Je zahlreicher sie auftrat, um so mehr traten dagegen die ungeschlechtlichen Fruchtträger in den Hintergrund, und dies war namentlich dann der Fall, wenn die Entwicklung zugleich durch mässige Temperatur (10—15° R) einen normalen, nicht zu stürmischen Impuls bekam. Auf einer Massencultur auf Pferdemist stellten sich später die Fruchtkörper im Gegensatze zu den Conidienträgern in solcher Menge ein, dass, es mag hier beiläufig erwähnt sein, daraus das Material zu den späteren Keimversuchen gesammelt werden konnte.

Zweifellos treten hier die Fruchtkörper an eben den Mycelien auf, von denen auch die Conidienträger ihren Ursprung nehmen, an gefärbten Präparaten hält es eben nicht schwer, den Zusammenhang beider mit einem Mycelium zu constatiren. Ein Fall dieser Art ist in Fig. 19 Taf. VI dargestellt, wo die Piptocephalis einem Mucormycelfaden mit seinen schon fast leer gewordenen sparrigen Verzweigungen aufsitzt. Die dickeren Mycelfäden der Piptocephalis, die aus der Spore (*c*) ihren Ursprung nahm, bilden aus ihren verzweigten Fäden einerseits die sehr verkürzt gezeichneten Ausläufer mit den Conidienträgern (*k*), anderseits mehrere Copulationen (*g*, *h*, *i*). Das Bild ist eins der kleinsten, die ich überhaupt finden konnte; der Einfachheit und Raumersparniss wegen ist nur das Nothwendige und auch dies an vielen Stellen verkürzt wiedergegeben.

Zur Fruchtbildung bestimmte Fäden hören auf in die Länge zu wachsen und schwellen am Ende keulenförmig an. Wo zwei zur Befruchtung dienende Fäden sich begegnen (vielleicht ziehen sie sich auch gegenseitig an), verschlingen sie sich in vielen rankenartigen Windungen (Fig. 17 d—i, 1, 1 Taf. V) und neigen ihre geschwollenen Enden nach bogenförmiger Ausbuchtung zusammen (Fig. 17 d, 2, 2 Taf. V). Trotz der Verschlingungen und Drehungen der Fäden lassen diese sich in jedem Falle nach verschiedenen Fäden und Richtungen eines Myceliums verfolgen; ebenso kann ich es mit Wahrscheinlichkeit geltend machen, dass die keulenförmige Anschwellung der Fadenspitzen nicht erst durch die gegenseitige Berührung und Anregung der Fäden entsteht. sie fand sich auch einzeln vor genau in der Form der copulirenden Fäden. Mit der vollständigen Berührung der Keulenspitzen zweier verschlungener Fäden entsteht in Folge der Ausbuchtung der Keulen in der Mitte ein leerer unregelmässig kreisförmiger Raum, der nach beiden Seiten offen, oben durch den innigen Verband der Keulen, unten durch die Verschlingung der Fäden abgeschlossen ist (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI). Jede Keule ist bis hierher nur eine Zelle, die allmählich verjüngt in die Verschlingung der Fäden ausgeht. Als erster Einfluss der gegenseitigen Berührung werden die verbundenen Enden der Keulen durch eine Scheidewand gegliedert, die etwas unterhalb der Mitte in jeder Keule sichtbar wird (Fig. 17 e—g Taf. V). Diese sind dadurch in je eine untere Trägerzelle, Suspensor 2. 2. und eine obere Copulationszelle 3, 3, geschieden. Die beiden Copulationszellen, nunmehr auf dem Punkte der Verschmelzung, sind einander gleich, nicht an Grösse, Gestalt oder Inhaltsbeschaffenheit findet ein unterscheidbares Ueberwiegen der einen gegen

die andere statt, welches etwa eine Unterscheidung als männliches und weibliches Befruchtungsorgan zuliesse. Unmittelbar vor der Copulation stülpen sich beide Zellen an ihren äussersten Berührungspunkten, also an der Stelle der grössten Convexität, etwas nach aussen aus (Fig. 17 f, g, 4 Taf. V), an eben diesem Punkte lösen sich die Membranen auf (Fig. 17 h, 4 Taf. V) zur Vermischung des Inhaltes beider Zellen. Sofort mit eingetretener Verschmelzung beginnt die junge Zygospore zu wachsen. Ihr Wachsthum ist beschränkt auf eine ganz bestimmte Stelle. Es ist nur die Verschmelzungsstelle der beiden copulirten Zellen, die sich stärker nach aussen wölbt (Fig. 17 h, i, 4 Taf. V), an allen übrigen Stellen der Zygospore sind nicht die geringsten Wachsthumserscheinungen wahrzunehmen. Die Wölbung geht in schnell zunehmenden Dimensionen allmählich in die Kugelgestalt (Fig. 18 d, e, 4 Taf. VI) über und bekommt zusehends deutlicher eigenthümliche Membranverdickungen, die später die Gestalt stacheliger Warzen annehmen. Noch ist in diesem vorgeschrittenen Stadium die Zygospore ein Ganzes, eine Zelle (Fig. 18 d u. e Taf. VI), dicht erfüllt mit einem Plasma, welches im Vergleich zu seiner feinkörnigen Beschaffenheit unmittelbar nach der Copulation nun in einen mehr blasigen körnigen Zustand überzugehen beginnt. Diese Veränderung des Protoplasmas deutet den Abschluss des Wachsthums der Zygospore an. Es tritt im Inhalte eine immer mehr unterscheidbare Entmischung ein, die in dem völligen Uebertritt aller Körnchentheile in die Ausbuchtung ihr Ende erreicht; in den beiden Schenkeln der Zygospore bleibt der wässerige Theil allein zurück. Sie werden nun durch je eine Scheidewand (Fig. 18 f, 3 3 u. 4 Taf. VI) von der Ausbuchtung abgeschlossen, die mit ihrem Inhalte und ihrer Membranausrüstung die Dauerspore des Pilzes darstellt. Die beiden Scheidewände stellen die früheren Copulationszellen in ihrer Form fast unverändert wieder her, zwischen ihnen befindet sich jetzt die Dauerspore.

Von der Richtigkeit dieser letzteren Angaben namentlich bezüglich der Theilung der Zygospore und des Zeitpunktes, wann diese eintritt, kann man sich in der Flächenansicht einer Zygospore nicht mit Sicherheit überzeugen. Die Membranverdickungen, die bald nach ihrer Bildung nur an der auswachsenden Ausbuchtung, die später bei der Theilung zur Dauerspore wird, erscheinen, werfen gerade über die kritischen Stellen, die bezüglich der Scheidewandfrage näher zu untersuchen sind, einen Schatten (Fig. 18 d, 4 Taf. VI), der einer Scheidewand täuschend ähnlich ist. Durch Drehung eines Präparates um einen rechten Winkel (Fig. 18 e, 4

Taf. VI) kann man mit Leichtigkeit constatiren, dass die Ausbuchtung mit ihren Membranverdickungen in offener Verbindung mit den unteren Schenkeln der Zygospore steht, dass diese einzellig bleibt, bis die zukünftige Dauerspore ihre volle Grösse erreicht hat. Mit dem Momente, wo die Theilung der Zygospore eingetreten, ist nur die Dauerspore mit Inhalt erfüllt, ihre Schwesterzellen erscheinen leer, d. h. nur mit wässeriger Flüssigkeit versehen (Fig. 18 f, 3. 3 u. 4 Taf. VI).

Während der Nachreife der Dauerspore findet keine Vergösserung, nur eine Schichtung ihrer Membranen statt in ein gelbes abtrennbares Exosporium und ein glattes farbloses Endosporium, ganz wie bei den reifenden Zygosporen von Mucor und Chaetocladium. Dabei erstreckt sich die Cuticularisirung und Bräunung des Exosporiums noch über eine kurze Strecke der inhaltsleeren Schwesterzellen, in Fig. 18 f, 3. 3 Taf. VI durch einen starken Schatten angedeutet. Die Nachreife der Dauersporen ist für ihre Keimfähigkeit von entscheidender Bedeutung, die Keimung wird nie mit den Sporen gelingen, die zwar völlig abgeschieden, aber nicht nachgereift sind. Die Zeitdauer von der Entstehung der Copulation bis zur Theilung der Zygospore betrug bei Objectträgerculturen 2 bis 3 Tage, eine mindestens ebensolange Zeit dürfte zur vollkommenen Nachreife der Dauersporen erforderlich sein.

Von den Zygosporen und deren Bildungsweise, welche wir bei den Mucorinen und Chaetocladium kennen, zeigen die jetzt beschriebenen der Piptocephalis und ihre Dauersporen bedeutende Abweichungen, welche hier, bevor die Keimung der letzteren in Betracht gezogen wird, eine kurze vergleichsweise Besprechung verdienen dürften. — Bis zur Copulation ist der Vorgang hier wie dort gleich. In allen Fällen werden die Copulationszellen von den Trägerzellen durch je eine Querwand abgeschieden, es sind nur Gestaltverschiedenheiten, die sich bemerkbar machen; dann aber findet nach eingetretener Copulation ein durchaus anderer Vorgang statt. Während nämlich bei Mucor und Chaetocladium die copulirenden Zellen selbst in ihrer ganzen Masse zur Zygospore werden, bleibt hier die Zygospore, wie sie durch Verschmelzung der copulirenden Zellen entstanden und morphologisch der Zygospore von Mucor und Chaetocladium gleichwerthig ist, ihrerseits nicht bestehen, sie ist nur transitorisch vorhanden und zerfällt durch Theilung am Ende ihres Wachsthumes in drei Zellen von ungleichem physiologischen Werthe (Fig. 18 f, 3. 3 u. 4 Taf. VI). Zwei derselben sind inhaltsleer und gleichen genau den früheren Copulationszellen, die dritte ist die eigent-

liche Dauerspore. Zygospore und Dauerspore sind demnach hier 2 ganz verschiedene Dinge, während sie bei Mucor unter einen Begriff fallen. Die Dauerspore ist das secundäre Product, eine durch Theilung entstandene Tochterzelle der Zygospore. Die Zygospore selbst hört mit ihrer Theilung auf zu existiren. — Und durchaus verschieden wie der Bildungsvorgang ist nun auch der ganze fertige Apparat. Er besteht bei Chaetocladium und Mucor aus drei Zellen (Fig. 17 Taf. II[1] u. Fig. 22 Taf. IV), den beiden Trägern und der Zygospore; bei Piptocephalis hingegen aus fünf Zellen (Fig. 18 f Taf. VI), den zwei Trägern und den drei Theilproducten der Zygospore, deren mittlere, die Dauerspore, nicht von den Trägern der einstigen Zygospore, sondern von ihren Schwesterzellen getragen wird.

Die Keimung der Dauersporen, deren Suchen und Aufsammeln in der Massencultur auf Mist ob ihrer Kleinheit (die grössten haben nur einen Durchmesser von 0,0231 Mm.) und der schwer zu bewirkenden Reinigung eine mühselige Arbeit war, ging unter denselben Verhältnissen vor sich wie die der früheren ächten Zygosporen. Nachdem sie 2 Monate auf Objectträgern gelegen und mit Vorsicht vor Bacterien, die sie einhüllen und ihre Beobachtung hindern, und vor kleinen Thierchen, welche sie als Leckerbissen verspeisen, gehütet waren, trat die erste Keimung ein, die vom 10. Mai bis Ende Juni fortdauernd an sehr vielen Dauersporen beobachtet wurde. Der Keimschlauch durchbricht beide Häute und erzeugt normal einen (Fig. 20 f, 4 Taf. VI) nur schmächtigen Fruchtträger von Piptocephalis, der sich nur einmal gabelt und an der Spitze der Gabeläste in bekannter Weise die Sporen bildet. Eine Vielheit von Keimschläuchen, wie in Fig. 20 a, b, c, d Taf. VI abgebildet, ist als abnormale, durch äussere Störung bedingte Erscheinung aufzufassen. Nur einer dieser Keimschläuche kommt zur Fructification, nachdem die früheren verunglückt sind.

In den Keimungsvorgängen der früheren ächten Zygosporen und der Dauersporen von Piptocephalis waltet kein Unterschied ob. Die Dauerspore der Piptocephalis verhält sich genau wie eine Zygospore, sie ist mithin vom biologischen Gesichtspunkte aus das Analogon einer wirklichen Zygospore.

Mit den Sporen der Fruchtträger keimender Dauersporen wurden zur Ergänzung neue Culturen mit und ohne Mucor gemacht, die alle früheren Versuche bestätigten.

Da alle Culturversuche der ungeschlechtlichen Sporen der Piptocephalis bisher

nur mit Mucor Mucedo gemacht wurden, so bleibt zur schliesslichen Ergänzung noch die Nebenfrage zu entscheiden übrig, wie sich dieser Parasit zu den übrigen Mucorinen verhalten könne. Sie wurden also der Reihe nach durchprobirt, und es zeigte sich, dass die Piptocephalis auf den Mycelien aller mir bis jetzt bekannten Mucorinen ohne unterscheidbare Vorliebe wächst und auf allen mit gleicher Ueppigkeit gedeiht. Der Mucor selbst leidet von dem winzigen Parasiten nicht viel, da er niemals die Fruchtträger befällt. Diese kamen auch auf Objectträgerculturen meistens in kleinen, sehr verzweigten (Fig. 24 Taf. I) Exemplaren zur Reife und blieben nur aus, wenn man einem Mycelium die Ernährung zu vieler Piptocephaliden zumuthete. Bei der gegenseitigen Nahrungsbeschränkung wird dann auch die Piptocephalis nur sehr schwach entwickelt, die Fruchtträger bilden nur ein Köpfchen (Fig. 10 Taf. V), und es unterbleibt die charakteristische dichotome Verzweigung ganz. — Zur letzten Vervollständigung der Versuche über den Parasitismus der Piptocephalis kam auch das Chaetocladium an die Reihe. Es wurden gemischte Culturen von Mucor, Chaetocladium und Piptocephalissporen in der Art gemacht, dass zuerst das Chaetocladium einen Vorsprung erhielt von 12 Stunden, nun wurde Mucor eingesäet und reichlich befallen, erst dann die Piptocephalis. Sie wählte mit Vorliebe die protoplasmareichen hervorragenden Haustorienknäuel von Chaetocladium als Angriffspunkt. Es kam eine fast komische Verwicklung von Verzweigungen der Urnährpflanze Mucor mit dem als Parasit und Nährpflanze zugleich fungirenden Chaetocladium und der auf ihm lebenden Piptocephalis zu Stande; am Ende fructificirten alle drei in zwar kleinen, doch wohl ausgebildeten Fruchtträgern.

Mit der Piptocephalis sind die 2 Conidienformen von Mucor Mucedo, Piptocephalis und Chaetocladium, von denen die erstere immer zweifelhaft war, als selbständige Organismen festgestellt; damit ist die Conidienfrage bei den Mucorinen, denn mit Sicherheit waren sie nur für Mucor Mucedo angegeben, definitiv als erledigt anzusehen.

Es wird nun zur Beantwortung unserer Hauptfrage — nach der systematischen Stellung der Mucorinen selbst, nach ihrem natürlichen Anschlusse im Pilzsysteme — sich darum handeln, die drei hier ausführlich beschriebenen Pilze in ihren wesentlichsten Zügen im Zusammenhange zu betrachten.

Wir constatiren zunächst, dass alle drei in dem Cardinalpunkte, welcher der grossen Classification der anderen Pflanzenabtheilungen bereits als Grundlage dient, und welcher bei den Pilzen mit jeder Erweiterung unserer Kenntniss an Geltung gewinnt, der geschlechtlichen Befruchtung nämlich und daraus hervorgehender geschlechtlich erzeugter Fruchtkörper, völlig übereinstimmen. Diese wurden hier in allen drei Fällen durch Verschmelzung zweier morphologisch und physiologisch gleichwerthiger, in Gestalt und Grösse fast oder ganz übereinstimmender Zellen gebildet, das Product war eine Zygospore, die entweder direct als Ganzes zur Dauerspore wurde oder diese durch einen weiteren einfachen Theilungsvorgang als Theil des Ganzen aus sich bildete.

Hiernach gehören alle drei Pilze, die nach ihren sonstigen Verschiedenheiten Vertreter differenter Familien sind, einer grossen Gruppe an, für die nach den Zygosporen die Bezeichnung »Zygomyceten« am geeignetsten sein dürfte.

Diese Gruppe der Zygomyceten umfasst nach bis jetzt gewonnenen Kenntnissen zwei Abtheilungen:

1) Zygomyceten mit ungeschlechtlichen Sporangien, deren Sporen innerhalb einer Mutterzelle entstehen.
2) Zygomyceten mit ungeschlechtlichen Conidien, die durch Abschnürung oder einfache Zergliederung gebildet werden.

In die erste Abtheilung gehören die Mucorinen, in die zweite Abtheilung vorläufig die Chaetocladiaceen und Piptocephalideen.

Für die Chaetocladiaceen und Piptocephalideen gilt die modificirte Bildung der Dauersporen als nächstes Unterscheidungsmerkmal: Diese geht bei den Chaetocladiaceen direct aus der jungen Zygospore hervor, sie vergrössert sich und umgibt sich mit widerstandsfähigen Membranen für den Dauerzustand; die Zygospore selbst also ist hier Dauerspore. Bei den Piptocephalideen hingegen bildet sich die Dauerspore durch einen nachträglichen Theilungsvorgang aus der Zygospore; die Dauerspore selbst ist entstanden aus der Theilung einer Zygospore, die ihrerseits mit der Theilung zu bestehen aufhört.

Die exacte Beantwortung unserer Frage, die wir in der Einleitung als die Hauptaufgabe dieser Arbeit bezeichneten — die Frage nach der systematischen Stellung der Mucorinen im Pilzsysteme überhaupt — kann nunmehr folgender Art gefasst werden:

»*Die Mucorinen bilden eine Familie in der grossen Gruppe der Zygomyceten und schliessen sich in dieser zunächst den Chaetocladiaceen an.*«

Die Gruppe der Zygomyceten selbst ist durch nachstehenden Entwicklungsgang charakterisirt:

»Die ungeschlechtliche Spore bildet ein Mycelium, das ungeschlechtliche Sporangien oder Conidienträger zuerst, nach diesen oder noch gleichzeitig mit ihnen auf demselben oder auf besonderem Mycelium die geschlechtlichen Fruchtkörper erzeugt, welche letzteren aus der paarweisen Verschmelzung und Auflösung gleicher Zellen zu einer einzigen entstehen und als Zygosporen bezeichnet werden. Die Zygospore ist entweder zugleich Dauerspore, oder diese geht durch Theilung aus der Zygospore als Tochterzelle hervor. Nach langer Ruhe keimen die Dauersporen und bringen ohne Mycelium direct einen Sporangien- oder einen Conidienträger hervor ganz analog denen, die auf Mycelien wachsen. Die Sporen oder Conidien erzeugen wieder Mycelien, von denen wir oben ausgingen.«

Durch die Einführung der Zygomyceten in das Pilzsystem ist eine bisher bestehende Lücke ausgefüllt. Einerseits sind die Mucorinen aus ihrer isolirten zusammenhangslosen Stellung befreit, anderseits ist durch die Bereicherung und Einschiebung der conidientragenden Zygomyceten der Anschluss dieser an die übrigen grossen Gruppen der Pilze vermittelt. Unter diesen, den Peronosporeen, Saprolegnieen und Ascomyceten finden sich bei den Peronosporeen entwicklungs-

geschichtlich die meisten Anklänge an die Zygomyceten. Die Peronosporeen haben Conidienträger und eine geschlechtlich erzeugte Dauerspore; sie aber wird durch blosse Berührung ohne Verschmelzung zweier in Grösse, Gestalt und Function verschiedener Zellen gebildet, einer grossen weiblichen, dem Oogonium, und einer kleinen männlichen, dem Pollinodium[1]). Die Saprolegnieen haben statt der Conidien ungeschlechtliche Schwärmsporen, in ihren Oogonien entsteht mit der Befruchtung nicht eine, sondern mehrere Oosporen. Bei denjenigen Ascomyceten endlich, die, soweit sie ungeschlechtliche Conidien haben, den Zygomyceten näher kommen, findet der geschlechtliche Vorgang nach unserer dermaligen Kenntniss bald durch eine wirkliche Verschmelzung der männlichen Zeugungszelle, des Pollinodiums, mit der weiblichen, dem Ascogon, statt, z. B. Peziza confluens[2]), Eurotium Aspergillus glaucus[3]), bald nur eine innige Berührung beider wie bei Erysiphe[4]) und Ascobolus[5]); doch nach der Befruchtung wächst das Ascogon nicht zu einer Dauerspore aus, sondern erzeugt unmittelbar ohne Pause in der inzwischen vorgebildeten Cupula oder Perithecium die ascogenen Hyphen und die sporentragenden Ascen.

Der Reihenfolge genau bekannter Pilzgruppen, Zygomyceten, Peronosporeen, Saprolegnieen und Ascomyceten stehen nunmehr die Basidiomyceten und Hypodermier allein gegenüber, deren mangelhafte Kenntniss der Geschlechtsorgane und geschlechtlich erzeugter Fruchtkörper um so fühlbarer hervortritt.

Der Umfang der Gruppe der Zygomyceten kann erst durch weitere Untersuchungen ins richtige Licht gestellt werden. Sie wird ohne Zweifel vorwiegend diejenigen conidientragenden Schimmelformen umfassen, die nicht den Ascomyceten angehören, für die es bisher kein oder nur ein aufgenöthigtes Unterkommen gab. Bei einer fraglichen Conidienform wird es sich daher in erster Linie um die Frage handeln, ob dieselbe als ungeschlechtliche

---

1) *de Bary:* Recherches sur le developpement de quelques champignons parasites Annales des sciences naturales, tome XX.

2) Annales des sciences naturales, tome VI, 1866. *Tulasne:* Note sur les phénomènes de copulation, que présentent quelques champignons.

3) Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. III. Reihe. 1870. *de Bary:* Eurotium.

4) Beiträge. III. Reihe. *de Bary:* Erysiphe.

5) Beiträge. II. Serie. *Woronin:* Ascobolus pulcherrimus, S. 1—10.

Fruchtform einem Zygomyceten oder einem Ascomyceten angehört. Die Conidienformen beider Gruppen sind die Hauptconstituenten »der zahlreichen Pilzformen, die man gewöhnlich als Schimmel« begreift; ihre speciellere Aufklärung steht von weiteren rationellen Untersuchungen zu erwarten.

Bezüglich der Zygomyceten wird endlich die Frage von besonderer Wichtigkeit sein, ob sie sich nicht auch über die einzelligen Pilze erstrecken und vielleicht bei ihnen ihre Endpunkte haben, worauf die Analogie mit den Conjugaten der Algen[1]) (soweit es zur Zeit erlaubt ist, von Analogie zwischen Pilzen und Algen zu reden) nicht ohne Wahrscheinlichkeit hinweist.

Rein physiologische Fragen, welche auf die Ernährung und Lebenserscheinungen der vorliegenden Pilze, und auf die Zersetzungen Bezug haben, die sie auf ihr Substrat ausüben, konnten in dieser zunächst morphologisch-biologischen und systematischen Abhandlung nicht besprochen werden; sie bilden eine besondere Aufgabe für sich, zu deren gründlicher Behandlung eine genaue entwicklungsgeschichtliche Kenntniss die erste nothwendige Voraussetzung ist. Es schien mir zweckmässig, das bisherige Ergebniss meiner Versuche über den Mucor Mucedo nicht an dieser Stelle für sich allein, sondern später am Schlusse des Ganzen mitzutheilen, wenn es möglich sein wird, die weiteren Resultate zugleich beizufügen, die sich bei den übrigen systematisch wohl unterschiedenen Mucorinen und anderen Schimmelpilzen vergleichend ergeben.

---

[1]) *de Bary:* Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. Leipzig 1858

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Mucor Mucedo.

Fig. 1. $\frac{1}{350}$. Sporen von Mucor Mucedo.

Fig. 2. $\frac{1}{300}$. Keimung der Sporen in Mistdecoct verfolgt. *a* Anschwellung einer keimenden Spore, *b* und *c* Austreten der Keimschläuche aus derselben.

Fig. 3. $\frac{1}{25}$. Gestalt und Verzweigung eines ausgewachsenen Myceliums von Mucor Mucedo aus der Spore *a* in Mistdecoct auf dem Objectträger gezogen. Das Mycelium hat einen ungeschlechtlichen Fruchtträger *b* gebildet, der sich über die Culturflüssigkeit erhebt und daher dunkel schattirt ist. Der Fruchtträger schliesst oben mit dem Sporangium *c* ab, worin die Sporen schon gebildet sind, er befindet sich vor seiner letzten Streckung, durch die er um das 5- bis 6fache verlängert wird. *d* ist die erste Fruchtträger-Anlage, die nicht zur Entwicklung gekommen und durch eine Scheidewand abgeschlossen ist. — Des Raumes wegen konnte das Bild nicht stärker vergrössert werden.

Fig. 4. $\frac{1}{300}$. Spitze eines jungen Fruchtträgers, Beginn der Sporangienbildung. Optischer Längsschnitt.

Fig. 5. $\frac{1}{300}$. Aehnlicher, weiter vorgeschrittener Zustand eines Fruchtträgers. Optischer Längsschnitt.

Fig. 6. $\frac{1}{300}$. Junge Fruchtträgerspitze mit ausgebildeter Anlage des Sporangiums. *a* der Fruchtträger, *b* die gewölbte Scheidewand, die Columella, die den Fruchtträger von der Sporangiumanlage abscheidet, *c* die Sporangienmembran, an deren Oberfläche regelmässig geordnete spitze Stacheln auftreten. *d* Sporangiumanlage mit gleichmässig körnigem Protoplasma erfüllt. Optischer Längsschnitt.

Fig. 7. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit jungem Sporangium, in welchem die Sporenbildung beginnt. *a* der Fruchtträger, *b* die Columella, *c* die Sporangienmembran mit ihren Stacheln, *d* die Anlage der Sporen, *e* lichthelle Interstitien zwischen den Sporen.

Fig. 8. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit unter Wasser geöffnetem Sporangium, aus dem die eben gebildeten Sporen durch die sie umgebende Quellsubstanz hervortreten. *a* der Fruchtträger, *b* die Columella, *c* Sporangienmembran, *d* junge Sporen noch ohne durch Reagentien nachweisbare Membran, *e* aufgequollene Zwischen-

substanz. — Der Fruchtträger hat sieh noeh nicht gestreckt, ist daher nebst Columella mit körnigem Protoplasma erfüllt.

Fig. 9. $\frac{1}{300}$. Stück einer Sporangienmembran, von aussen gesehen.

Fig. 10. $\frac{1}{80}$. Reifes Sporangium, von aussen gesehen, nach der Streckung des Fruchtträgers.

Fig. 11. $\frac{1}{300}$. Dasselbe Sporangium, durch Behauchen auf dem Objectträger zerflossen. *a* die zerflossene Membran, die im weiten Hofe die Sporenmasse *b* umgibt, *c* die zerbrochenen Stacheln, die die Sporangienmembran umkleideten. — Um Raum zu sparen, ist hier und in den nächsten Figuren nur ein Stückchen des ganzen Sporangiums abgebildet.

Fig. 12. $\frac{1}{300}$. Reife Sporangien, vor dem Zerfliessen der Sporangienmembran mit Salzsäure behandelt, wodurch die stachelige Bekleidung gelöst ist. *a* die Sporenmasse in normaler Anordnung im Sporangium, *b* dureh Alkohol contrahirt, wodurch der Zwisehensubstanz Wasser entzogen ist, *c* nach durch Alkohol bewirkter Contraction zerdrüekt und mit sehr verdünntem Jod behandelt, wodurch die farblose Zwischensubstanz, der jede Spore eingebettet liegt, deutlich hervortritt.

Fig. 13. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit ihren Columellen in verschiedener Grösse und Gestalt; die Sporangien sind abgelöst. *a* Fruchtträger, *b* Columella, nur die grösste hat die für Mucor Mueedo normale und unveränderte Gestalt, *c* Reste der stacheligen Bekleidung, die an der Insertionsstelle des Sporangiums haften geblieben sind, *d* Sporen aus dem Sporangium.

Fig. 24. $\frac{1}{300}$. Stück eines sehr kümmerlichen, verzweigten Fruchtträgers, dessen Mycelium von Piptocephalis Freseniana sehr stark befallen war. Die Sporangien haben keine Columella und nur sehr wenige fast runde Sporen.

Fig. 25. $\frac{1}{80}$. Fruchtträger von Pilobolus Mucedo. *a* Fruehtträger, *b* Sporangium.

Fig. 26. $\frac{1}{80}$. Ein ähnlicher Fruchtträger des Pilobolus im Momente des Abquellens des Sporangiums durch die aufquellende Quellschieht, die zwischen Sporangium und Columella liegt. *a* Fruchtträger, *b* Abrissstelle des Sporangiums, *c* Columella, *d* Sporangium mit schwarzer cuticularisirter Membran, *e* stachelige Bekleidung der Sporangienmembran, *f* aufgequollene noch mit der Columella verbundene Quellschicht.

Tafel II.

Mucor Mucedo.

Fig. 14. $\frac{1}{80}$. Junger Copulationszustand des Mucor Mucedo. *b b* die zwei copulirenden Fäden, von denen die Copulationszellen *a a* bereits abgeschieden sind.

Fig. 15. $\frac{1}{300}$. Weiter vorgerückter Zustand. *a* die in der Mitte verschmolzenen Copulationszellen, die junge Zygospore, auf der warzenartige Membranverdickungen *c* sichtbar werden, *b b* die beiden Suspensoren.

Fig. 16. $\frac{1}{300}$. Gestalt einer reifen Zygospore *a* mit ihren beiden Suspensoren *b b*.

Fig. 17. $\frac{1}{300}$. Eine andere grosse Zygospore, Buchstaben wie in Fig. 16.

Fig. 18. $\frac{1}{120}$. Stück von dem Exosporium einer reifen Zygospore. *a* Ansatzstelle eines Suspensors.

Fig. 19. $\frac{1}{80}$. Vom Exosporium befreite Zygospore *a* die auf dem Endosporium erkennbare Ansatzstelle des Suspensors, auf der die Vorsprünge *b* fehlen. *c* ein grosser durch die Membran schimmernder Oeltropfen, der sich im protoplasmatischen Inhalte abhebt.

Fig. 20. $\frac{1}{300}$. Querschnitt aus einer Zygospore, der die Dicke ihrer Membranen und deren Verbindung mit einander zeigt. *a* Exosporium, *b* Endosporium, deren Erhabenheiten correspondiren, *c c* die Träger.

Fig. 21. $\frac{1}{120}$. Keimende Zygospore. *a* Zygospore, *b b* Suspensoren, *c* erster Keimschlauch, der nicht zur Entwicklung gekommen, *d* zweiter Keimschlauch, der beide Häute durchbricht.

Fig. 22. $\frac{1}{120}$. Keimende Zygospore mit aufgeplatztem Exosporium. *a a* Zygospore, *b b* Suspensoren, *c* Endosporium, welches vom Keimschlauche *d* durchbrochen wird. Die erste Spitze *e* des Keimschlauches kommt nicht zur Entwicklung und ist von dem Seitenaste *f*, der ein Sporangium *g* trägt, durch eine Scheidewand abgeschieden, *h* die Columella des Fruchtträgers nach seiner Streckung und der Ablösung des Sporangiums.

Fig. 23. $\frac{1}{120}$. Keimende Zygospore mit abgelöstem Träger im Profil gesehen. *a* Zygospore, *b* Ansatzstelle eines Suspensors, *c* Fruchtträger, *d* Sporangium, *e* der gestreckte Fruchtträger mit der Columella, von den Sporen des Sporangiums umgeben.

Tafel III.

Chaetocladium Jones'ii.

Fig. 1. $\frac{1}{630}$. Sporen von Chaetocladium Jones'ii.

Fig. 2. $\frac{1}{300}$. Keimung der Sporen in Mistdecoct auf dem Objectträger. *a* Anschwellung der Sporen, *b* Austreten der Keimschläuche.

Fig. 3. $\frac{1}{120}$. Kleines Mycelium aus einer Spore *a*, in Mistdecoct gezogen.

Fig. 4. $\frac{1}{450}$. Stück eines etwas grösseren Myceliums, stärker vergrössert, dessen Wachsthum mit der Bildung der unregelmässig sparrig verzweigten kurzen Aeste stille stand.

Fig. 5. $\frac{1}{630}$. Ansatzstelle der jungen Keimschläuche von Chaetocladium an Mucormycelfäden. *a a* Stück eines Mucormyceliums, *b b* keimende Sporen von Chaetocladium, *c c* die Keimschläuche der Sporen, *d* Verschmelzung der Keimschläuche von Chaetocladium mit dem Mucormycelium, *e* Bildung neuer Haustorialfortsätze aus dem Keimfaden des Chaetocladiums unmittelbar über dem ersten Haustorium. — Die Zeichnungen dieser und der nächsten Figuren sind nach Präparaten aus der Cultur beider Sporen in Mistdecoct auf Objectträgern gemacht.

Fig. 6. $\frac{1}{630}$. Aehnliches etwas weiter wie Fig. 5 vorgerücktes Stadium eines jungen Chaetocladium-Keimschlauches, der ein Mucormycelium befällt. Buchstaben wie in Fig. 5.

Fig. 7. $\frac{1}{630}$. Noch weiter entwickelter Zustand wie Fig. 6. Buchstaben wie dort.

Fig. 8. $\frac{1}{630}$. Sehr vorgeschrittenes Stadium des Parasitismus des Chaetocladiums auf Mucormycelfäden. *a a* Mycelfäden von Mucor Mucedo, *b* Spore von Chaetocladium

mit dem Keimschlauche *c*, *d* Haustorienknäuel des Chaetocladiums über der Ansatzstelle, *e* ein von dem Knäuel *d* ausgehender Schlauch, der einen benachbarten Mycelfaden des Mucor in *f* befällt, sich selbständig zu ernähren.

Fig. 9. $\frac{1}{300}$. Ein Fruchtträger von Mucor Mucedo, an drei Stellen von Chaetocladium befallen. *a* Mucorfruchtträger, *b* Chaetocladiumschläuche, die die Haustorialknäuel *c* bildeten. (Objectträgercultur.)

Fig. 10. $\frac{1}{300}$. Kleiner Seitenzweig eines Fruchtträgers, von Mucor Mucedo unmittelbar unter dem Sporangium befallen. *a* Fruchtträger, *b* Sporangium, *c* Faden von Chaetocladium, der das Haustorium *d* bildet. (Objectträgercultur.)

Fig. 11. $\frac{1}{300}$. Sehr kleine Sporangien, die an Seitenzweigen eines stark befallenen Fruchtträgers von Mucor Mucedo zur kümmerlichen Fructification gekommen sind. Die Sporen sind klein und rund, kaum zu unterscheiden von denen von Chaetocladium, geben auf gutem Substrate normalen Mucor Mucedo wieder.

Fig. 12. $\frac{1}{80}$. Ein üppiger Fruchtträger von Mucor Mucedo, gerade unter dem Sporanginm von Chaetocladium befallen. *a* Fruchtträger, *b* Sporangium des Mucor Mucedo, *c* vom Haustorialknäuel ausgehende Fruchthyphen von Chaetocladium. (Massencultur.)

Fig. 13. $\frac{1}{80}$. Ein Fruchtträger von Mucor Mucedo, seiner ganzen Länge nach befallen. *a* Fruchtträger des Mucor, *b* Haustorienknäuel, *c* Fruchthyphen von Chaetocladium, die in *d* seitliche Fruchtstände führen; die fructificirenden Zweige entspringen direct aus dem Haustorialknäuel. (Massencultur.)

Fig. 14. $\frac{1}{300}$. Haustorialgebilde, die seitlich im Verlaufe üppiger Hyphen von Chaetocladium auftreten ohne directe Berührung mit Mucorfäden.

Fig. 15. $\frac{1}{300}$. Grössere Haustorialknäuel dieser Art.

Tafel IV.

Chaetocladium Jones'ii.

Fig. 16. $\frac{1}{450}$. Ungeschlechtlicher Fruchtstand von Chaetocladium Jones'ii in directem Zusammenhange mit einer reifen Zygospore. *a* die Zygospore, *b b* die beiden Suspensoren ungleicher Grösse, *c c* der Conidienstand von Chaetocladium. Der Conidienstand und die Suspensoren der Zygospore sind von oxalsaurem Kalke fein granulirt.

Fig. 17. $\frac{1}{300}$. Junger Zustand von Chaetocladium unmittelbar vor der Copulation. *a a* die Copulationszellen, die nicht ganz gleicher Grösse sind, *b b* die Suspensoren, deren einer im Verlaufe eines Fadens entstanden ist und daher zwei Ausgangspunkte hat.

Fig. 18. $\frac{1}{300}$. Aehnlicher Zustand wie Fig. 17. Buchstaben ebenso.

Fig. 19. $\frac{1}{300}$. Chaetocladium in Copulation. *a* die junge Zygospore, an der sogleich Membranverdickungen auftreten, *b b* die Suspensoren.

Fig. 20. $\frac{1}{300}$. Aehnlicher Zustand wie Fig. 19 Bezeichnung ebenso.

Fig. 21. $\frac{1}{300}$. Eine reife Zygospore *a* mit ihren Trägern *b b*, die sehr ungleicher Grösse sind.

Fig. 22. $\frac{1}{630}$. Eine andere reife Zygospore mit ihren beiden ungleichen Trägern, sehr stark vergrössert.

Fig. 23. $\frac{1}{630}$. Flach ausgebreitetes Exosporium einer Zygospore, sehr stark vergrössert. *a* die starken warzenartigen Erhabenheiten des Exosporiums, *b* Ansatzstelle eines Trägers.

Fig. 24. $\frac{1}{300}$. Vom Exosporium befreite Zygospore. *a* das glatte Endosporium, *b* ein dicker Oeltropfen im protoplasmatischen Inhalte, der durchschimmert.

Fig. 25. $\frac{1}{630}$. Durchschnitt einer reifen Zygospore, stark vergrössert. *a* Exosporium, *b* Endosporium.

Fig. 26. $\frac{1}{300}$. Eine Zygospore nach mehrmonatlichem Liegen in feuchter Luft auf dem Objectträger kurz vor der Keimung. (Optischer Durchschnitt.) Der Oeltropfen, der früher durch beide Membranen an der reifen Zygospore durchschimmerte, hat sich im protoplasmatischen Inhalte gelöst, der nun aus gleichmässig feinkörnigem Protoplasma besteht.

Fig. 27. $\frac{1}{150}$. Keimende Zygospore mit aufgeplatztem Exosporium. *a* Exosporium, *b* Endosporium, *c c c* Keimschläuche, die das Endosporium durchbrechen, *d* ein Keimschlauch, der an seiner Spitze bei der ersten Verzweigung zum Fruchtstande geblieben ist, *e* ein anderer, bei dem die Verzweigung dritten Grades angelegt ist, *f* Seitenzweig eines Keimschlauches, der an Zweigen zweiten Grades einige Conidien trägt. Dieser Seitenzweig trägt von allen Keimschläuchen allein Conidien, wie eine tagelang fortgesetzte Beobachtung ergab. Die Keimschläuche haben sich in dem Masse, als die vorhergehenden verunglückt, immer wieder neu gebildet, so dass die Conidienbildung durch den Consum der Nährvorräthe der Zygospore für die vielen Keimschläuche nunmehr sehr spärlich auftreten konnte.

Fig. 28. $\frac{1}{450}$. Dieselbe Zygospore mit ihren Keimschläuchen, zur Deutlichkeit stärker vergrössert.

Fig. 29. $\frac{1}{150}$. Keimende Zygospore, deren Häute an 3 verschiedenen Stellen von Keimschläuchen durchbrochen sind. *a* Exosporium, *b b* Austrittsstellen der Keimschläuche, *c* der mit einem grossen Fruchtstande fructificirende Keimschlauch, der von Scheidewänden durchsetzt ist, *d* der Fruchtstand, an dem die Conidien von den Sterigmen, den Zweigen fünften Grades, unter Wasser abgefallen sind, *e e* die verunglückten, nicht zur Entwicklung gekommenen Keimschläuche.

Fig. 30. $\frac{1}{150}$. Keimende Zygospore mit 2 Keimschläuchen *c* und *c*, von denen nur *c* fructificirt. Der Fruchtstand in Luft gezeichnet, mit seinen Conidien versehen.

Fig. 31. $\frac{1}{150}$. Normale Keimung einer Zygospore mit einem Keimschlauche *c*, der in seinem Verlaufe einen Wirtel von Fruchtzweigen *d* bildet, oben in *e* blind endet.

Tafel V.

Piptocephalis Freseniana.

Fig. 1. $\frac{1}{300}$. Sporen von Piptocephalis.

Fig. 2. $\frac{1}{300}$. Keimung der Sporen in Mistdecoct. *a* beginnende Anschwellung der Spore in der Mitte der Längenausdehnung, von der die äussersten Enden ausgeschlossen sind, *b* vorgerückte Anschwellung, *c* seitliche Austreibung des

Keimschlauches, *d* keimende Sporen, die nach mehreren Seiten Schläuche austreiben.

Fig. 3. $\frac{1}{300}$. Kleine Mycelien, die sich im Laufe mehrerer Tage aus den Keimschläuchen der keimenden Sporen in Mistdecoct bildeten. *a* Spore, *b* daraus gewachsenes Mycelium.

Fig. 4. $\frac{1}{300}$. Junger Fruchtträger von Piptocephalis. *a* Fruchtträger, *b* die dichotomischen Verzweigungen, die der Fruchtträger an der Spitze bildet, *c* die angeschwollenen Enden der Dichotomien, *d* die einzelligen Schläuche, die aus diesen Enden hervorzusprossen beginnen.

Fig. 5. $\frac{1}{630}$. Die Enddichotomie eines Fruchtträgers, stärker vergrössert; dieselbe trägt oben auf der Anschwellung *c* die ausgewachsenen, aber noch einzelligen Schläuche *d*, aus denen später die Sporen durch einfache Gliederungen entstehen.

Fig. 6. $\frac{1}{630}$. Gabelhälfte eines Fruchtträgers mit reifen Sporen, die schon zum Theil abgefallen sind. *a* Gabelast, *b* seine Dichotomien, *c* die angeschwollenen Köpfchen der Dichotomien, diese sind durch Scheidewände getrennt, durch deren Wölbung sie mit den Sporen abfallen, *d* die Schläuche, durch einfache Quertheilung in 3—4 Zellen zerfallen, die sich ebenfalls durch Wölbung der Scheidewände von einander trennen und die Sporen darstellen.

Fig. 7. $\frac{1}{630}$. Abgefallenes Köpfchen, auf dem die in Sporen zertheilten Schläuche noch stehen geblieben sind. *c* Köpfchen, *d* Sporen.

Fig. 8. $\frac{1}{630}$. Ganz isolirte Köpfchen.

Fig. 9. $\frac{1}{300}$. Kleiner Fruchtträger aus einer Objectträgercultur mit doppelter Gabelung. *a* Fruchtträger, *b b* Gabeläste, *c* Köpfchen, *d* Sporen, *e e* durch Thautropfen zu einem scheinbaren kugeligen Sporangium vereinigte Köpfchen mit ihren Sporen.

Fig. 10. $\frac{1}{300}$. Sehr kleiner junger Fruchtträger ohne alle Gabelung.

Fig. 11. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit vielen Dichotomien, die ihre Köpfchen mit den Sporen abgeworfen. *a* Fruchtträger, verkürzt, *b* Dichotomien. Der Fruchtträger entspringt mit auffallender Verbreiterung aus einem sehr dünnen Faden *c*, der um mehr wie das 10fache verkürzt gezeichnet ist und zu dem Mycelium *d* hinführt, von dem nur einige Aeste gezeichnet sind. Fruchtträger und Mycelium sind von Querwänden durchsetzt. Der Fruchtträger, ebenso wie der kleinere nebengezeichnete mit nur doppelter Dichotomie, ist auf dem Objectträger gezogen.

Fig. 12. $\frac{1}{630}$. Stück eines Myceliums von Mucor Mucedo, von dem Keimschlauche einer keimenden Piptocephalisspore befallen. *a* Mycelfäden von Mucor Mucedo, *b* sparrige Zweigbildung des Mycelfadens, durch Piptocephalis hervorgerufen, *c* die gekeimte Spore von Piptocephalis mit den Keimschläuchen *d d*, die in *e e e* mit den angeschwollenen Enden am Mucorfaden haften. (Cultur in Mistdecoct auf Objectträgern.)

Fig. 13. $\frac{1}{630}$. Ein anderes Mycelstück von Mucor *a* mit seinen durch Piptocephalis hervorgerufenen Verzweigungen *b b*, von dem aus der Spore *c* auskeimenden Keimschlauche *d* in *e* befallen. Der eine schon vom Mucor ernährte Seiten-

ast *d* des Keimschlauches verbreitert sich und wächst nach anderen Mucorfäden. (Objectträgercultur.)

Fig. 14. $\frac{1}{630}$. Weiteres durch Piptocephalis befallenes Mycelstück von Mucor; Bezeichnung wie in den beiden vorigen Figuren. (Objectträgercultur.)

Fig. 15. $\frac{1}{630}$. Spitze eines Mucormycelfadens mit monströser Verzweigung durch Piptocephalis. *a* Mycelfaden von Mucor, *b b b* Verzweigung desselben durch Piptocephalis, *c* ausgekeimte Spore von Piptocephalis, die in *e* mit ihrer Keimschlauchspitze dem Mucorfaden aufsitzt, *d d* Austreibungen der Spore nach entgegengesetzten Richtungen durch eingetretene Ernährung. (Objectträgercultur.)

Fig. 16. $\frac{1}{300}$. Knäuelartige Verzweigung *b'* im Verlaufe des Mucorfadens *a*, der von dem aus der Spore *c* ausgewachsenen Keimschlauche von Piptocephalis in *e* befallen ist, b^2 Verzweigungsknäuel am Mucorfaden, in der Nähe der von Piptocephalis befallenen Stelle entstanden. (Objectträgercultur.)

Fig. 17. $\frac{1}{630}$. Mucormycelfaden, auf dem Piptocephalis, die zu copuliren beginnt, schmarotzt. *a a* Mucormycelfaden, *b b b* Piptocephalisfäden, *c* Ansatzstellen des Parasiten auf der Nährpflanze. Von diesen Ansatzstellen der Piptocephalis gehen ihre Haustorienbüschel in das Innere des Mucorfadens. *d* zwei verschlungene Piptocephalisfäden 1 1, deren Enden 2 2 keulenartig angeschwollen in 3 gegeneinander getreten sind. *e* copulirende Piptocephalisfäden aus demselben Mycelium; die gegeneinander getretenen Keulen der verschlungenen Fäden 1 1 sind durch Scheidewände in je 2 Zellen getheilt, von denen die unteren 2 2 die Trägerzellen, die oberen 3 3 die Copulationszellen darstellen. *f* Ausbuchtung der Copulationszellen 3 3 über ihrer Berührungsstelle in 4, *g* noch etwas weiter vorgerückter Zustand wie *f* unmittelbar vor der Copulation *h*. Eingetretene Verschmelzung der beiden Copulationszellen 3 3 in 4, Ausbuchtung der jungen Zygospore nach aussen, über der Verschmelzungsstelle, die Anlage der zukünftigen Dauerspore, an der sich schon Membranverdickungen zeigen. *i* Copulation in der Profilansicht; Bedeutung der Zahlen wie in *h*. *k* abnorme Copulation, bei der die copulirenden Fäden nicht verschlungen sind, ein ganz vereinzelter nur einmal gefundener Fall. Die nicht direct mit den gezeichneten Mycelfäden am Mucorfaden in Zusammenhang stehenden Copulationen sind nach Zuständen derselben Objectträgercultur gezeichnet.

Tafel VI.

Piptocephalis Freseniana.

Fig. 18. $\frac{1}{630}$. Ein Mycelfaden von Mucor, von dem sich Piptocephalis nährt, die Zygosporen bildet. *a a* Mycelfaden des Mucor, *b b b* Fäden der Piptocephalis, die in *c c c* dem Mucor aufsitzen und Haustorien in sein Inneres getrieben haben. *d* junge Zygospore der Piptocephalis, 1 1 die verschlungenen Fäden, 2 2 die Suspensoren, 3 3 die Zygospore, die in 4 die kugelige Ausbuchtung, die zukünftige Dauerspore gebildet hat, die schon starke Membranverdickung und Vorsprünge zeigt. *e* eine junge Zygospore in gleichem Zustande der Entwicklung

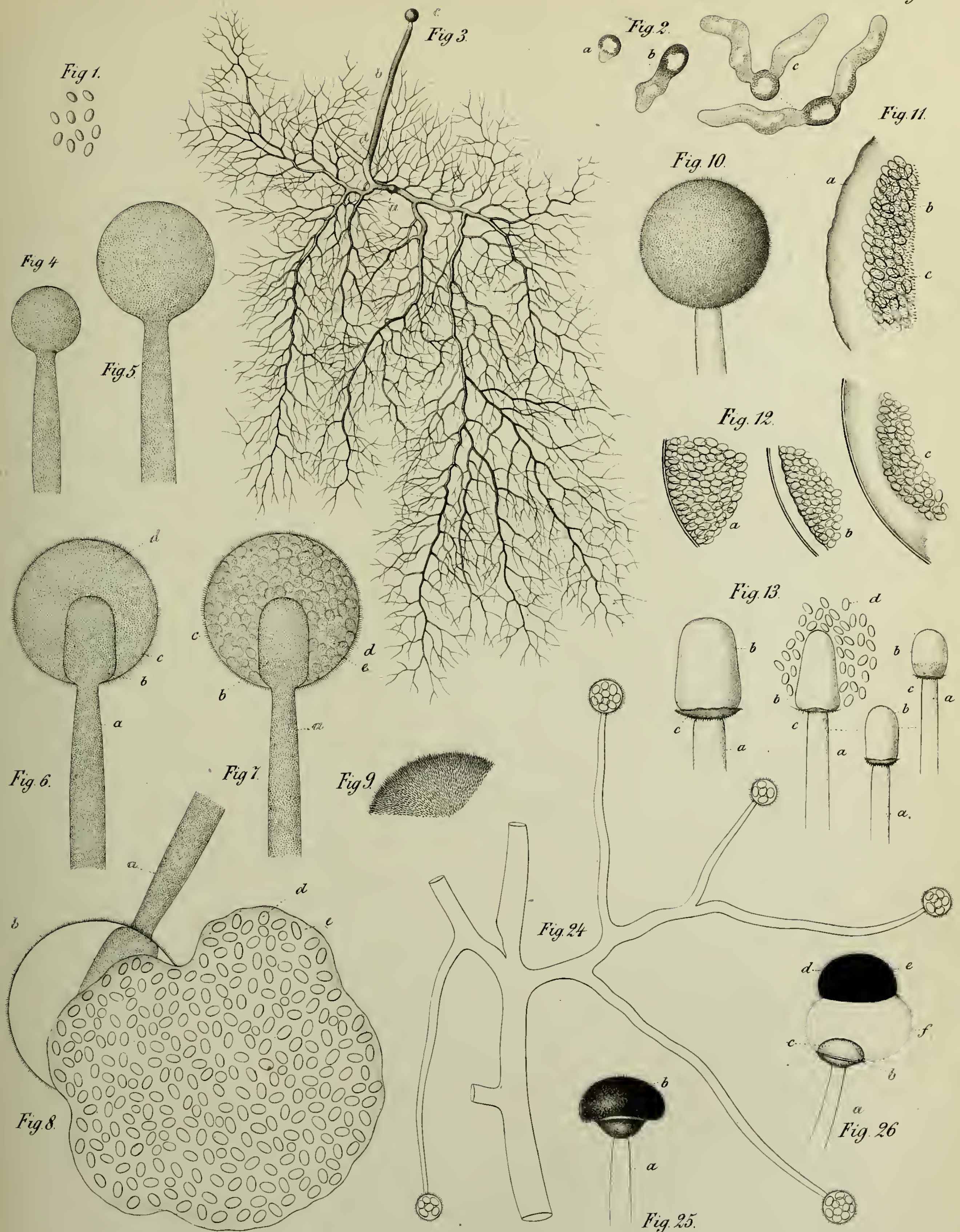
wie *d*, mehr von der Seite gesehen im optischen Durchschnitt. *f* Copulation mit reifer Dauerspore, 1 1 die verschlungenen Fäden, 2 2 die Trägerzellen der früheren Zygospore, die hier ihre Bedeutung verloren haben, 3 3 und 4 die drei Tochterzellen, welche durch Theilung aus der Zygospore entstanden sind, 3 3 die zwei inhaltleeren Tochterzellen, die in ihren Dimensionen genau den früheren Copulationszellen entsprechen und hier als Träger der Dauersporen fungiren, 4 dritte Tochterzelle, von den beiden Schwesterzellen 3 3 sehr abweichend, die eigentliche Dauerspore von Piptocephalis. *α* warzenartige Membranverdickungen des stark gebräunten Exosporiums der Dauerspore, *β* Bräunung und Cuticularisirung der Membranen von 3 3, die nur an den Verbindungsstellen mit der Dauerspore eintreten. (Objectträgercultur.)

Fig. 19. $\frac{1}{300}$. Gesammtbild von Piptocephalis, die auf Mucor lebt und geschlechtlich und ungeschlechtlich fructificirt. *a a* Mucorfaden, *b b b* die monströse Verzweigung, zu der ihn Piptocephalis reizte, welche aus der Spore *c* hervorging und sich mit ihren Keimschläuchen *d d* dem Mucorfaden aufsetzte, *e e* das Mycelium von Piptocephalis über der Ansatzstelle, *f f f* dünne Mycelfäden, die in *g h i* copuliren und in *k k* Conidienträger gebildet haben, mit mehrfachen Dichotomieen *l l* und noch ungetheilten Sporenschläuchen auf deren Spitzen. Das Bild ist vielfach verkürzt gezeichnet und durch Weglassen von Myceländen vereinfacht zur besseren Uebersichtlichkeit. Die Mycelfäden, aus denen die ungeschlechtlichen Fruchtträger hervorgehen, sind um das Vielfache, die Fruchtträger selbst um mehr als ihre doppelte Länge verkürzt. (Objectträgercultur.)

Fig. 20. $\frac{1}{300}$. Keimung der Dauersporen von Piptocephalis. *a* Keimung einer Dauerspore, bei der das Exosporium gesprengt ist, 1 1 die ursprünglichen Träger der Zygospore, 2 2 die beiden Tochterzellen der Zygospore, die Träger ihrer Schwesterzelle 3, der Dauerspore, 4 4 Keimschläuche der Dauerspore, von denen nur e i n e r in 5 mit einfacher Gabelung fructificirt. *b* dieselbe keimende Dauerspore, die den Austritt der Keimschläuche besser zu zeigen bei 630facher Vergrösserung gezeichnet ist. *c* eine andere ähnlich wie in *a* keimende Dauerspore. *d* dieselbe bei 630facher Vergrösserung. *e* keimende Dauerspore ohne aufgesprengtes Exosporium mit e i n e m Keimschlauche, dessen einer Seitenzweig ohne Gabelung fructificirt. *f* normale Keimung mit e i n e m e i n f a c h e n Keimschlauche, von dessen einfacher Gabelung an der Spitze die Köpfchen mit den Sporen abgefallen sind. Die Bezeichnung der Einzelnheiten der Figuren *b*—*f* wie in *a*.

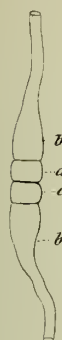
Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Taf. I.

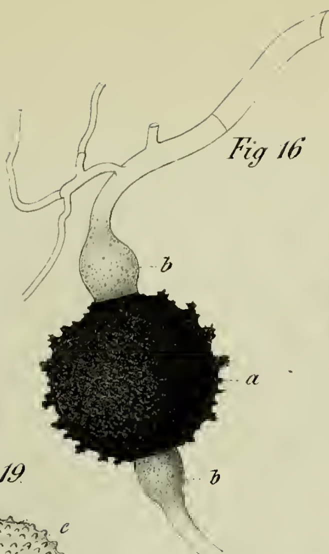


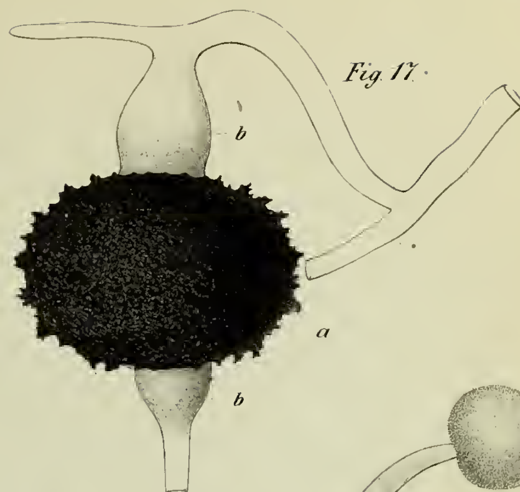
O. Brefeld gez.

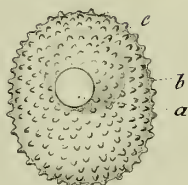
C. F. Schmidt lith.

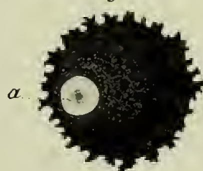


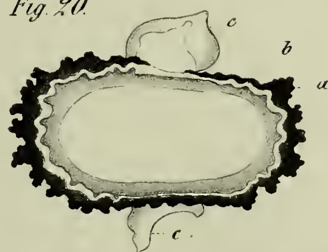


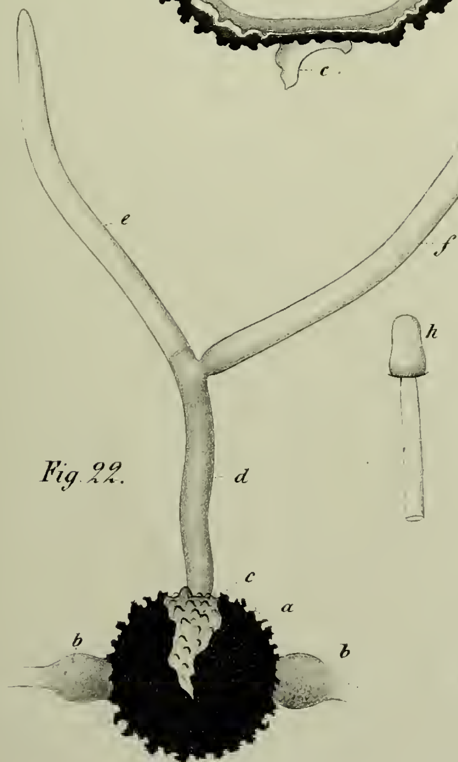


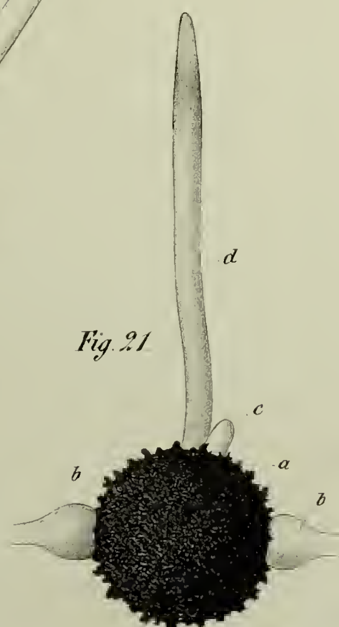


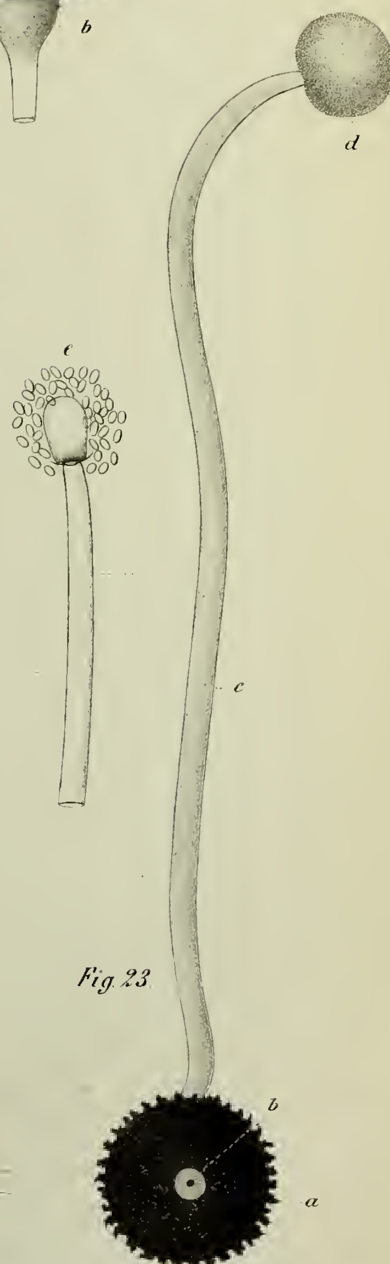










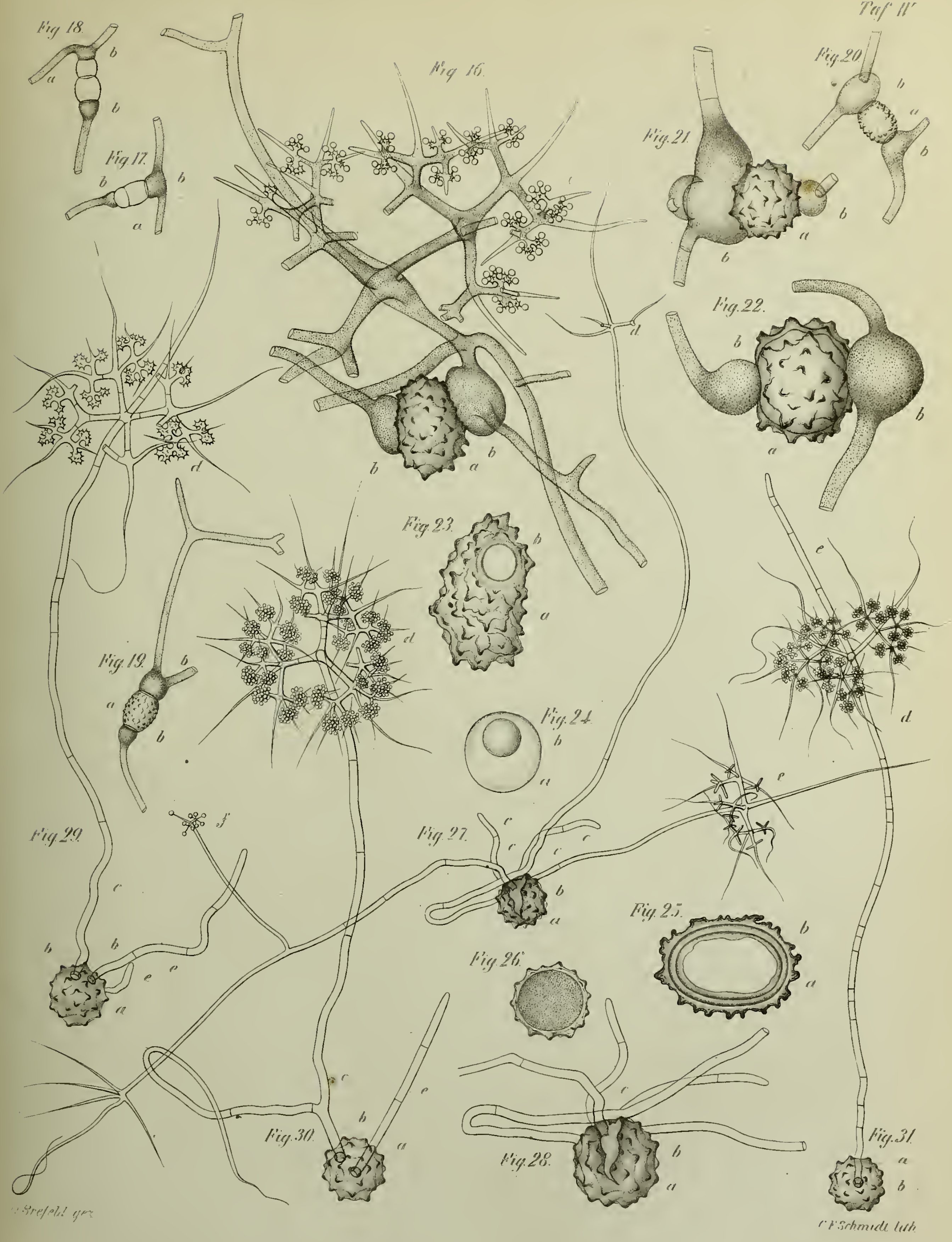


O. Brefeld gez.

C. F. Schmidt lith.



O Brefeld gez.   C F Schmidt lith.



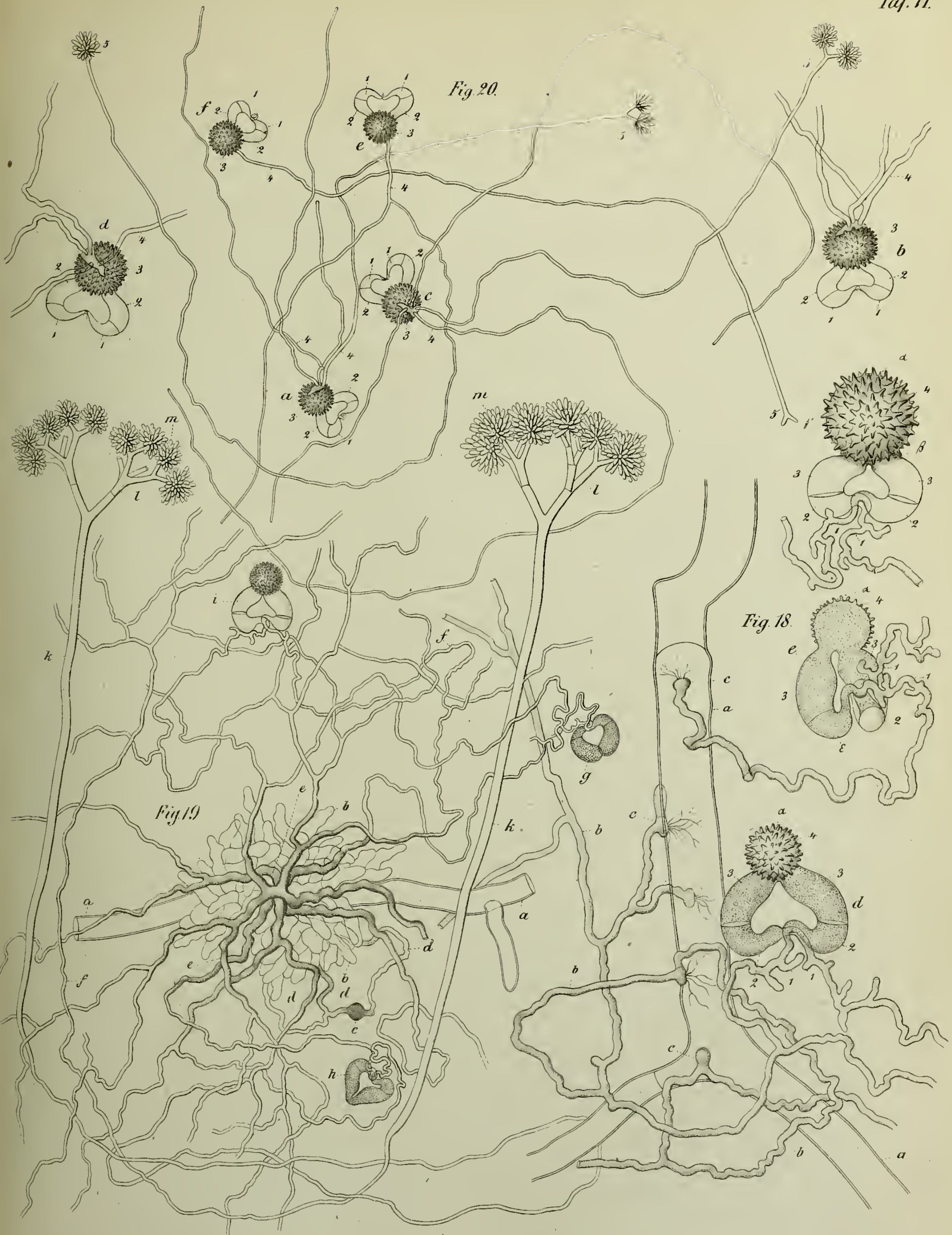
Brefeld gez.

C F Schmidt lith.

Taf. V.



O. Brefeld gez. C. F. Schmidt lith.



O. Brefeld gez. C. F. Schmidt lith.

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

DR. OSCAR BREFELD.

II. Heft:

Die Entwicklungsgeschichte

von

Penicillium.

Mit 8 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG,
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1874.

Vorrede.

In dem ersten Hefte der Schimmelpilze, den Zygomyceten, wurde das Hauptgewicht bei den Untersuchungen auf eine Culturmethode gelegt, durch die es möglich war den Entwicklungslauf eines Pilzes von einer einzelnen Spore ausgehend mit derselben Sicherheit lückenlos zu verfolgen, wie dies bei einer grossen phanerogamischen Pflanze vom ausgesäeten Samen aus, etwa einer Eichel oder einer grossen Bohne, geschehen kann.

Für das vorliegende zweite Heft habe ich mir die Aufgabe vorbehalten mit den nunmehr nach dieser Culturmethode gewonnenen Resultaten den herrschenden Ansichten über einen besonderen Pleomorphismus bei Pilzen entgegenzutreten und durch den Nachweis der Analogie im Entwicklungsgange der Pilze mit den übrigen Abtheilungen des Pflanzenreiches die Unhaltbarkeit dieser Ansicht darzuthun.

Zugleich mit dem Pilzpleomorphismus finden zwei andere Auffassungen über Pilze hier ihre endgültige Erledigung. Die erste von ihnen betrifft die Wandelbarkeit der Pilze nach den äusseren Einflüssen des Substrates; die zweite den Mangel ausgeprägter Constanz bei den niederen Pilzen. Während diese

der ganz missverstandenen Descendenztheorie entstammte (welche sie später wiederum stützen sollte!), ist jene aus den unrichtigen Thatsachen solcher Untersuchungen gefolgert, welche ursprünglich durch den Pilzpleomorphismus angeregt wurden und dann bei befangener unklarer Fragestellung nach fehlerhafter Methode ausgeführt worden sind.

An einzelnen Stellen sind hierauf bezügliche Deductionen und andere aus der Untersuchung abgeleitete allgemeine Betrachtungen nicht in den Text verwoben, vielmehr als längere Anmerkungen unter den Text gesetzt. Es geschah dies im Interesse der Harmonie und Präcision der Darstellung, und es sei daher kurz bemerkt, dass sie nicht als blosse Anmerkungen anzusehen sind.

Würzburg, botanisches Institut im Februar 1873.

Der Verfasser.

Nachdem durch eine Reihe von mycologischen Untersuchungen[1]), von denen die drei letzten das erste Heft vorliegender Schimmelpilze ausmachen, eins der vermeintlichen Urbilder des Pleomorphismus der Pilze, der Mucor Mucedo, aus der Fülle seiner vielgestalteten Fruchtformen auf natürliche Einfachheit zurückgeführt worden ist, musste es von besonderem Interesse sein, die bei der Untersuchung angewandten Methoden an einem wichtigeren und ungleich schwierigeren Schimmelpilze neu zu prüfen. Aus jeder sorgfältigen Untersuchung ist dieser vielgeprüfte Gegenstand als ungelöstes Räthsel, aus der Fülle unreinlicher Versuche und unkritischer Beobachtungen dagegen mit einem Anhange verwandtschaftlicher Beziehungen hervorgegangen, welche, nach den später zu citirenden mycologischen Autoritäten, durch die verschiedensten Schimmelpilze hindurch bis hinab zu den niedrigsten einzelligen Organismen reichen sollen: Es ist der gemeinste aller Schimmelpilze, der pleomorphistische Rivale des Mucor Mucedo, das berüchtigte Penicillium crustaceum *Fries*, Penicillium glaucum *Link*.

---

1) *Brefeld*, Dictyostelium mucoroides. Abhandl. der Senkenberg. Naturf. Gesellsch. Bd. VII. Frankf. a. M. 1869. Untersuchungen über die Entwicklung der Empusa muscae und Empusa radicans. Abhandl. der Naturf. Gesellschaft zu Halle. Band XII. 1871.

Brefeld, Schimmelpilze, 1. Heft. Zygomyceten. Leipzig bei Arthur Felix. 1872.

I. Vorkommen und Verbreitung von Penicillium.

Unter den Schimmelpilzen ist Penicillium eine der auffälligsten Erscheinungen. Mit unvergleichlicher Zudringlichkeit nöthigt das kleine Wesen dem Gelehrten wie dem Laien seine lästige und unwillkommene Bekanntschaft auf. Es tritt weniger durch Grösse als durch die Fülle seines Auftretens, gehoben durch eine höchst characteristische hellblaue Farbe, vor anderen Schimmelpilzen hervor; ganz besonders aber wird es durch seine ungemeine Häufigkeit bemerkbar. Der Pilz ist überall, noch durch keine Beobachtung war es möglich die Grenzen seiner geographischen Verbreitung zu fixiren. Sein Auftreten ist von keinem Zufalle abhängig, es ist die natürliche und nothwendige Folge der Allverbreitung seiner winzig kleinen Conidiensporen, die er in überschwenglicher Fülle hervorzubringen vermag. Die Sporen verbreiten sich mit Leichtigkeit durch die Luft, senken sich hier bei Windstille als Bestandtheil des Staubes auf den Boden nieder, werden dort durch atmosphärische Niederschläge, durch Regen etc. der Erde zugeführt, von wo sie trocken geworden der leiseste Luftzug wieder emporwirbelt und weiterführt, wenn etwa der Ort der ersten Niederlassung eine Ansiedelung durch Keimung nicht ermöglicht. So verschafft sich der Pilz aller Orten Zutritt, er ist unvermeidlich wie die Luft, durch die er sich verbreitet. Draussen im Freien lebt er auf jeder der natürlichen Zersetzung anheim gefallenen organischen Substanz und ganz besonders dienen ihm die absterbenden Leiber der mächtigen Hutpilze zur Nahrung. — In unseren Wohnungen ist er eine wahre Plage. Rohe und zubereitete Nahrungsmittel sind seinen zerstörenden Einflüssen ausgesetzt. Er verschimmelt den Käse, das Brod, frische und eingemachte Früchte etc., und gar

vielfältig sind die Schutzmittel und Methoden, die man anwendet ihn abzuhalten und zu bekämpfen. Er allein ist die Ursache mancher unserer Lebenseinrichtungen, und gegen ihn müssen oft weitläufige und lästige Vorkehrungen bei Expeditionen und Feldzügen getroffen werden um Brod, Mehl und andere Nahrungsmittel vor dem Verderben resp. dem Verschimmeln zu schützen.

Zur Noth vermag sich der Pilz mit der kärglichsten Nahrung zu behelfen, die jedem nobler gearteten Pilze zu schlecht ist. Er lebt im Ohre der Menschen, er verschmäht nicht abgelegte Kleider, nicht den feucht stehenden Stiefel und die eintrocknende Dinte. Bald begnügt er sich in Lösungen von Zucker mit minimalen Quanitäten anorganischer Nahrung, bald hat es den Anschein, als ob er selbst den reinsten Salzlösungen noch einen verborgenen Gehalt organischer Substanz abzugewinnen vermöchte. Selbst die schädlichen Einflüsse giftiger Lösungen von schwefelsaurem Kupfer und arseniger Säure vermag er zu ertragen. — Kein Wunder, wenn man diesen kleinen Pilz den Kampf ums Dasein bei so glänzender natürlicher Ausrüstung überall siegreich bestehen, wenn man ihn in edler Unverschämtheit all' seine Genossen verdrängen sieht, die einen günstigen Boden zur Ansiedelung mit ihm zu theilen bestrebt sind. In dem natürlichen Verlaufe einer spontanen oder künstlichen Schimmelcultur wiederholt sich stets dasselbe Schauspiel. Zuerst erscheinen die stolzen Geschlechter der Schimmelpilze, die hochstämmigen Mucorinen und ihre Verwandten. Sie verdanken allein einer schnelleren Vegetation ihre Fruchtbildung. Zwischen ihnen erscheint mit dem dritten bis vierten Tage Penicillium zuerst harmlos und bescheiden in Gestalt höchst zarter weisser Flöckchen, vereinzelte in die Luft führende Fäden des Mycelium. Dieses wächst nach allen Richtungen mit fabelhafter Schnelligkeit zu grösseren Rasen heran, die sich bald gegenseitig erreichen und so das ganze Substrat überziehen. Doch noch ehe dies geschieht, werden für die Regel in der Mitte jedes Rasens nicht höher wie eine halbe Linie vom Substrat kleine alabasterweisse dichte Häufchen bemerkbar, die mit gleicher Schnelligkeit wie der zart flockige Rasen nach Aussen auf dem Substrate, hier in dem Rasen selbst an Terrain gewinnen; sie sind die ungeschlechtlichen sporenabschnürenden Fruchtträger des Penicillium. Wiederum von der Mitte dieses letzten Häufchens aus, also genau im Centrum des Ganzen, beginnt dann eine Aenderung der weissen Farbe in's Bläuliche bis hinauf zum Farbenton des Himmels; hierdurch wird die Reife der abgeschnürten Sporen der Fruchtträger gekennzeichnet. Die blaue

Farbe schreitet centrifugal in dem Häufchen voran, in dem Maasse als dieses seinen Kreis grösser beschreibt und so entsteht allmählich ein blauer Haufen mit weissem Rande. Gar bald verschwindet das zarte Weiss des Rasens unter den sich deckenden weissen Rändern des Haufens, und indem endlich auch die Ränder sich bläuen, wird das ganze Substrat meist nach 7—10 Tagen von der dichtesten blauen Decke verhüllt, von der bei jeder leichten Erschütterung ganze Wolken von Sporen aufsteigen. Erst mit dem völligen Verzehr des Substrates geht die Cultur des Penicillium zu Ende; jede Mitbewerbung anderer Fadenpilze um das Substrat ist während der Dauer der Vegetation von selbst ausgeschlossen, ebenso ist eine nachträgliche Entwicklung derselben auf dem erschöpften, geradezu zerstörten Nährboden eine Unmöglichkeit. Penicillium ist der plebejische Herrscher unter den Schimmelpilzen, der Schimmel par excellence, den jeder selbstverständlich meint, wenn er von Schimmel spricht.

II. Zusammenstellung der Literatur über Penicillium.

Wohl ohne Zweifel war das Penicillium lange vorher allgemein bekannt, ehe es eine wissenschaftliche Beachtung finden konnte. Wegen seiner Kleinheit war dies selbstverständlich nicht früher möglich, als stärker vergrössernde Instrumente zu seiner Untersuchung verwendet werden konnten. Es geschah zuerst von *Micheli*[1]) im Jahre 1729. Er gibt auf Taf. 91, Fig. 3 eine durchaus getreue Abbildung von Penicillium, das er Aspergillus albus nennt. Von besonderem Interesse ist die hier richtige Unterscheidung von dem äusserlich ähnlichen Aspergillus glaucus, der in der Fig. 1 auf den ersten Blick zu erkennen ist. *Micheli* fasst Penicillium (Aspergillus albus) nebst anderen ganz heterogenen Schimmelpilzen zu seinem Genus Mucor zusammen. Dasselbe geschah von *Linné*[2]) 35 Jahre später, der Penicillium als Mucor crustaceus albus aufführt. *Persoon*[3]) beschreibt im Jahre 1801 einen Pilz, den er Monilia digitata nennt, der aber ohne Zweifel Penicillium ist. Erst *Link*[4]) erkannte in Penicillium mit Sicherheit eine neue Pilzgattung und er ist der Autor des Namens, der jetzt allgemein gebräuchlich ist. Er unterschied Penicillium scharf von dem ähnlichen Aspergillus und stellt beide einander gegenüber:

---

[1]) *Micheli*, nova plantarum genera juxta Tournefortii methodum disposita. Florentiae 1729. Taf. 91, Fig. 3.

[2]) *Linné*, Species plantarum, II. Jahrg. 1764, Editio tertia. S. 1656. Flora suec. p. 1118; 1283.

[3]) *Persoon*, Synopsis methodica fungorum. Göttingen 1801. S. 693.

[4]) *Link*, Magazin der naturforschenden Freunde in Berlin. III. Jahrgang 1809. Observationes in ordines plantarum naturales. Dissertatio prima, pag. 16 und 17.

Aspergillus: Tellus e floccis caespitosis septatis, simplicibus aut ramosis apice clavatis. Sporidia in apicibus capitula formant.

Penicillium: Tellus e floccis caespitosis septatis simplicibus aut ramosis, fertilibus erectis apice penicillatis. Sporidia in apicibus penicillatis collecta.

Des letzteren Unterschied von Aspergillus wird folgender Weise treffend hervorgehoben:

Affine genus praecedenti, primo intuitu et habitu simile at apicibus vere penicillatis satis superque differt. Cave tamen, ne sporidia seriata Aspergillorum cum hisce penicillis confundas. Flocci plerumque teneri albi; sporidia minuta globosa alba; dum vero maturescunt atrum saepe induunt colorem.

Den von *Linné* gegebenen Speciesnamen »crustaceum« ersetzt *Link* durch glaucum.

Penicillium glaucum: Floccis simplicibus; caespitibus effusis, floccis albis, capitulis sporidiisque demum glaucis.

Die Abbildung, die *Link* von Penicillium gibt, ist in der Verzweigung zwar unähnlich, doch durch den Mangel des Köpfchens von Aspergillus hinreichend gekennzeichnet.

Fries[1]) führt zuerst 1829 den *Linné*'schen Artnamen wieder ein und stellt später 1846 Penicillium zu den Mucedines im Gegensatze zu den Mucorinei. Er characterisirt Penicillium: Sporae in floccos moniliformi-concatenatae in ramulis floccorum apice penicillatorum. Bei Penicillium crustaceum (*L.*) bemerkt er: facillimum est observatu huius transitum in Coremium. Nostras de hoc genere observationes confirmavit *Berkeley*.

Noch finden sich Beschreibungen des Penicillium bei *Bolton*[2]), *Corda*[3]), *Bonorden*[4]) und *Meyen*[5]), die nichts Neues hinzubringen. Die Abbildung, die *Corda* Taf. VI, Fig. 280 und 281 von Penicillium gibt, ist ungetreu, indem alle Basidien auf derselben Höhe entspringen, sie steht im Gegensatze zu den getreuen Bildern von *Bolton*, *Bonorden*, Taf. III, Fig. 80 und *Meyen*, Taf. X, Fig. 20 u. 21.

---

[1]) *Fries*, Systema mycologicum. III. 1829. Summa vegetabilium. Upsaliae 1846.

[2]) *Bolton*, Geschichte der merkwürdigsten Pilze. III. Theil 1820. p. 67. Taf. 132. Fig. 2.

[3]) *Corda*, Icones fungorum. I. p. 21.

[4]) *Bonorden*, Handbuch der allgemeinen Mycologie. Stuttgart 1851.

[5]) *Meyen*, Pflanzenphysiologie. III. Bd. Berlin 1839.

Endlich wäre noch der Beschreibung einiger Formen von Penicillium-Fruchtträgern durch *Fresenius*[1]) zu gedenken, denen er die Bemerkung beifügt, dass wegen der Gleichheit der Sporen Abtrennungen von Species innerhalb des Formenkreises nicht gerechtfertigt seien.

Den blossen Beschreibungen der Fruchtträger von Penicillium zum Zwecke seiner systematischen Unterscheidung von anderen Schimmeln, wie sie sich bei den älteren Autoren finden, folgt im Jahre 1869 eine Untersuchung von *E. Loew*,[2] die neben Einzelnheiten über die Keimung der Sporen und das Wachsthum des Mycelium eine detaillirte Schilderung der Entwickelung des Fruchtträgers mit seinen Sporen gibt. Ich will das Ergebniss dieser Arbeit aus sachlichen Gründen an dieser Stelle mittheilen, dem chronologischen Gange um eine kurze Strecke vorgreifend. — Bei der Keimung wird nach *Loew* die Aussenhaut der Conidie zerrissen und ein Theil der Innenhaut wächst zum Keimschlauche aus. Die mitunter nach drei Richtungen aus der Spore austretenden Keimschläuche wachsen zu verzweigten Fäden aus, die von Scheidewänden durchsetzt sind. Die Fäden wachsen nur an der Spitze, indem die Endzelle sich theilt. Die Fruchthyphe entsteht als laterale Aussackung einer Myceliumzelle oder als directe Fortsetzung einer Zweighyphe, einen einfachen mit apicalem Wachsthum begabten, durch Wände gegliederten Zellfaden darstellend. Mit dem Stillstande des Längenwachsthums beginnt die Conidienbildung. Dieser geht das Auftreten von Seitenzweigen voraus. Dieselben bilden sich als seitliche der oberen Querwand der Zellen benachbarte Aussackungen der obersten Zellen der einfachen Fruchthyphe; sie bilden sich an den unteren Zellen eher als an den oberen. Jeder Seitenzweig verhält sich wie eine Primärhyphe; auch an ihm treten die Tertiärzweige in centripetaler Reihenfolge auf. Fast zu gleicher Zeit mit dem Auftreten der Seitensprossen beginnt die Anlage der Basidie am Gipfel der Primäraxe. Sie tritt hier als terminales Knöpfchen auf, welches sich zu einem eiförmigen, mit verschmälerter Basis der Gipfelzelle des Stieles aufsitzenden Körper streckt. Aus der Basidie geht durch eine zweite Aussprossung das stielartig verengte Sterigma hervor, dessen oberer Theil sich kugelig erweitert und zur ersten Spore wird. Unter der ersten

---

[1]) *Fresenius*, Beiträge zur Mycologie. 3. Heft. S. 84.

[2]) *Loew*, Zur Entwickelungsgeschichte von Penicillium. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik von *N. Pringsheim*. Band VII. S. 472 bis 510.

Spore bildet sich nun aus dem Sterigma die zweite, zuletzt ist eine einfache unverästelte Sporenkette vorhanden, durch succedane Abschnürung entstanden. Die oberste erste Conidie ist die grösste, nach unten zu findet eine allmähliche Grössenabnahme der Sporen statt. Die Sporen sind durch Membranbrücken in Zusammenhang gehalten; man muss die Annahme machen, dass dies durch eine Membran geschieht, die alle Sporen überzieht, die aber wegen ihrer Zartheit von der Aussenhaut der einzelnen Sporen nicht optisch zu unterscheiden ist. Bis zur Sporenbildung steht jede jüngere Zelle über der älteren, von der Sporenbildung an umgekehrt. — An jedem Zweige wie auch an der Hauptaxe wird die Gipfelspore zuerst gebildet. Wenn die Hauptaxe die Sporenbildung begonnen hat, werden an den Secundärzweigen noch neue Zweiganlagen gebildet. Der unterste Seitenzweig ist der entwickeltste, er besitzt die meisten Seitenzweige (2. Ordnung).

Mit dieser Arbeit von *Loew* ist die Literatur über Penicillium, soweit sie die Kenntniss des ungeschlechtlichen Fruchtträgers, die Keimung seiner Sporen und die Mycelbildung aus ihnen betrifft, im Wesentlichen erschöpft.

Nach den mycologischen Kenntnissen und Anschauungen früherer Zeit konnte es kaum wahrscheinlich erscheinen, durch abermalige Untersuchung Neues, für die systematische Stellung des Penicillium Verwendbares zu finden. In der grossen Familie der Schimmel »Mucedines« war ihm der Rang einer Gattung anerkannter Maassen zu Theil geworden, und innerhalb dieser Familie war eine durchgehende Scheidung nach bestimmten Prinzipien, wie sie später eintrat, noch nicht möglich, weil eben diese leitenden Prinzipien erst gewonnen werden mussten.

Es bedurfte einer neuen Idee, die Untersuchung von Penicillium nach ganz anderer Richtung, als die bisherige war, wieder aufzunehmen. Sie wurde im Jahre 1851 durch *Tulasne*[1]) gegeben. *Tulasne* fand nämlich, dass ein und derselbe Pilz mit ganz verschiedenen Fruchtformen auftreten könne, Formen, die man bisher nach ihrer grossen Verschiedenheit als selbständige Gattungen angesehen hatte. *Tulasne's* eigene und namentlich *de Bary's*[2])

---

1) *Tulasne,* Cpt. rend. 24 et 31 Mars; Ann. sc. nat. XV.

2) *de Bary,* Untersuchungen über die Brandpilze. Berlin 1853. Ueber Eurotium und Aspergillus. Bot. Zeitung 1854, p. 425. Dies sind die ersten Arbeiten *de Bary's*, denen sich bis 1870 so viele anschliessen, dass ich sie nicht anführen kann.

Untersuchungen wiesen nun bald nach, dass die Pleomorphie der Reproductionsorgane bei den Pilzen eine fast allgemeine Geltung habe.

Für die Untersuchung der Pilze, auch der bekanntesten, war nun ein ganz neuer Gesichtspunkt gewonnen. Es handelte sich darum für jeden Pilz durch vorsichtige entwicklungsgeschichtliche Untersuchung den Formenkreis und den Entwicklungscyclus d. h. die Reihenfolge der Fruchtformen festzustellen, in welcher er nach vorhandenenen Analogien ein Glied sein musste.

In diesem Sinne wurde Penicillium, als der verbreitetste Pilz, bald ein Opfer neuer Untersuchungen.

Die Aufgabe, welche sich die Mycologen stellten, lautete einfach nach dem weiteren genetischen Zusammenhange des Penicillium, nach der Auffindung seiner übrigen Fruchtformen.

Die Resultate, die hier gewonnen wurden, sind sehr zahlreich, sie bilden einen besonderen Abschnitt der Literatur des Penicillium für sich und sind darum in Nachfolgendem getrennt und möglichst kurz zusammengefasst. Nach zwei Richtungen, die ich nach einander folgen lassen werde, weichen sie durchaus von einander ab. Auf der einen Seite fand man einen bis jetzt noch nicht begrenzten genetischen Zusammenhang, auf der anderen Seite war das Ergebniss ein negatives, es konnte ein Zusammenhang mit anderen bis jetzt bekannten Pilzen nicht nachgewiesen werden.

Im Jahre 1856 fand zuerst *Bail*[1]), dass die Samen von Penicillium in Maische hefeartig aussprossten, statt wie sonst ein fadiges Mycelium zu bilden. Auf der Königsberger Versammlung suchte *Bail*[2]) wenige Jahre später ausführliche Beweise beizubringen, dass diese Aussprossungen der Penicilliumsporen in Maische als gährungsfähige Hefe aufzufassen seien.

Bald nach *Bail* züchtete auch *Hoffmann*[3]) aus Penicillium Hefe, indem er eine Portion Penicillium in eine gährungsfähige Lösung brachte, und durch vorsichtigen Abschluss des Culturgefässes verhinderte, dass nachträglich Hefekeime

---

1) *Bail,* Ueber Hefe. Flora 1857.

2) *Bail,* 35. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Königsberg 1861. Amtlicher Bericht.

3) *Hoffmann,* Botanische Zeitung 1860. S. 42, 43, 44.

hineinkamen. Nach einigen bis 14 Tagen gährte die Flüssigkeit und es fand sich Hefe darin vor, die aus dem versenkten Penicillium entstanden sein musste. Umgekehrt wurde aus der so erzeugten Hefe durch ein glücklich hergestelltes Verhältniss bezüglich des Feuchtigkeitsgrades der Cultur wieder Penicillium gezüchtet und neben diesem Mucor Mucedo und Oidium lactis, und zwar gingen diese Schimmel aus der Hefe hervor, wenn sie auf feuchtem Nährboden statt in Flüssigkeit ausgebreitet wurde. Diese im Jahre 1860 durch vereinzelte Beobachtung gewonnenen Resultate wurden fünf Jahre später[1]) durch zahlreichere und ausführlichere Versuche bestätigt.

Auch französische und englische Botaniker waren nach gleicher Richtung wie die genannten deutschen thätig; ihre Ergebnisse sind wesentlich ähnliche und gleiche. Es gebührt *Turpin*[2]) das (negative) Verdienst der ersten erfolgreichen Beobachtung, die aus dem Jahre 1838 stammt. Ich will sie wörtlich anführen: »Les végétaux infusoires, qui résultent de la germination des globules séminulifères des levures restent incomplets tant qu'ils sont plongés dans l'épaisseur du liquide. Ils ne s'achèvent, ils ne se terminent que lorsqu'ils peuvent s'élever au dessus de la surface du liquide et lorsqu'ils parviennent à se mettre en communication avec l'oxygène etc. — En cet état, veritables seminules vesiculaires, ils germent, s'allongent et végètent en une mucédinée dont le dernier terme de développement décèle un Penicillium glaucum.

Berkeley[3]) fasst die Hefe als einen eigenthümlichen Zustand gewisser Schimmelpilze auf, namentlich des Penicillium, die auf unendliche Generationen ihrer Fruchtbildung beraubt sind. Er beobachtete dann die Auskeimung der Hefezelle zu Penicillium.

In Uebereinstimmung mit diesen Beobachtungen befinden sich die Angaben von *Joly* und *Mousset*[4]); sie bezeichnen Penicillium als die Fruchtform der Hefe.

Auch *Pouchet*[5]) sieht die Hefe als eine unvollständige Pflanze an und zwar als Sporen von Aspergillus. Drei Jahre später sagt er in einer ausführlichen

---

[1]) *Hoffmann*, Botanische Zeitung 1865, S. 348.

[2]) *Berkeley*, Introduct. t. Crypt. Botany 1857, p. 299.

[3]) *Turpin*, Mémoir. de l'Acad. XVII 141.

[4]) *Joly* und *Mousset*, Cpt. rend. 1861, LIII 368.

[5]) *Pouchet*, Cpt. rend. 1861. LII 288, ferner nouvelles expériences sur la génération spontanée et sur la résistence vitale. Paris, Masson 1864.

Abhandlung, dass die Hefe kein einzelliger Organismus sei, dass sie nur spontan entstandene Sporen darstelle, die durch Keimung Penicillium hervorbringen.

Die Arbeiten *Trécul's* aus den Jahren 1868 und 69[1a]) über die Bierhefe bringen neue thatsächliche Bestätigungen über den Zusammenhang der Hefe mit Penicillium. Nach *Trécul* sind Penicillium, Mycoderma und Torula die verschiedenen Formen ein und derselben Species. — Im Jahre 1871[1b]) führt *Trécul* Penicillium auf Urzeugung zurück in folgender Weise: Eiweissartige Materie verwandelt sich in Bacterien oder direct in Bierhefe und Mycoderma, oder die Bacterien verwandeln sich in Milchsäureferment, indem sie unbeweglich werden. Milchsäureferment verwandelt sich in Hefe, diese in Mycoderma, welche schliesslich in Penicillium übergeht[2]).

Die bisher befolgten Culturmethoden kamen durch *Hoffmann's* Erfindung eines Culturapparates in ein neues Fahrwasser. Es ist dies die Dunströhre zur Reincultur[3]), sie spielt fortan in des genannten Mycologen zahlreichen Arbeiten eine Hauptrolle. Die ersten Resultate aus der Dunströhre finden sich von *Hoffmann*[4]) kurz angegeben in einer Abhandlung »Zur Naturgeschichte der Hefe«, vornehmlich aber Botanische Zeitung 1865, S. 348. Hiernach ist die Hefe ein typisch einzelliger Pilz, eine besondere Vegetationsform des Myceliums von Penicillium glaucum, seltener Mucor racemosus, bisweilen beider zugleich und auch noch anderer Schimmelpilze, welche man mit Sicherheit daraus erziehen und auch rückwärts in dieselbe Hefe verwandeln kann. Für die Fructification der Gährungspilze in der Form von Penicillium etc. ist der Luftzutritt wesentlich. Auf einer Tafel fig. 9 und 19 stellt *Hoffmann* den Zusammenhang von Hefe mit nicht näher benannten und untersuchten Schimmelpilzen dar, der ihm als Beweis gilt und auf den er sich später mehrfach beruft.

[1a]) *Trécul,* Compt. rend. 1868, LII 476, ferner Ann. sc. nat. Botan. V, sér. X Br. S. 39.

[1b]) *Trécul,* Compt. rend. 1871, LXXIII, p: 1453—1460.

[2]) Nach der Darstellung dieser Urzeugung von *Trécul* ist zu schliessen, dass das urgezogene Penicillium etwa in acht Tagen fertig war. — Wir werden später sehen, dass Penicillium ein trüffelähnlicher Pilz ist. Nach *Trécul's* Auffassung müsste also in acht Tagen ein Trüffelpilz durch Urzeugung noch heutzutage entstehen, eine Auffassung, nach welcher man mit gleichem Rechte annehmen kann, dass in sechs Wochen ein Eichbaum durch Urzeugung entsteht.

[3]) Beschreibungen des Apparates von *Hoffmann* finden sich: Compt. rendus 1865, LX No. 13, p. 633, ferner *Dingler's* polytechn. Journal 1865, H. 3, p. 241, Botanische Zeitung 1865, und mycologische Berichte p. 348 u. 349.

[4]) *Hoffmann,* Botanische Untersuchungen. Herausgegeben von *H. Karsten* 1866.

Diesen Erfolgen *Hoffmann's* gehen ähnliche von *Bail*[1]) parallel, die im Jahre 1867 zur Mittheilung gekommen sind. *Bail* züchtet aus Penicillium und Mucor Hefe, die Sporen dieser Pilze treiben in Bierwürze versenkt nicht Keimschläuche, sondern sprossen zu gährungsfähiger Hefe aus. Nur unter Wasser bilden die Pilze Hefe, auf diesem resp. der Culturflüssigkeit entstehen Mycelien und Fruchtträger. Nach *Bail* bekommen die Fliegen wenn sie Hefe, die also aus Penicillium etc. entsteht, gefressen haben, die Empusa-Krankheit, aus der Empusa geht, wenn die Fliege ganz unter Wasser getaucht ist, Achlya hervor, wenn sie nur auf Wasser schwimmt, an der der Luft ausgesetzten Seite aber Mucor, welcher wiederum nach einer Versenkung in Bierwürze zu Hefe aussprosst.

Die bisher genannten Mycologen wurden bald förmlich in Schatten gestellt durch das, was *Hallier* im Gebiete des Pleomorphismus der Pilze leistete. Nur aus seinen ersten Arbeiten auf diesem Felde seien hier einige Punkte erwähnt, weil weitere Untersuchungen von anderer Seite daran anknüpfen; ein Theil der übrigen Arbeiten findet sich unten[2]) vermerkt. Vor dem Gebrauche dieser Schriften ist denen, die in der Mycologie nicht bewandert sind, vornehmlich Medicinern, dringend anzurathen, die Botanische Zeitung[3]) 1868, No. 18 zu lesen. Nach *Hallier*[4]) wächst auf dem nämlichen Nährboden aus Penicillium nur Penicillium und es ist klar, dass wenn es andere Fruchtformen gibt, diese unter ganz anderen Bedingungen entstehen müssen. Auf feuchtem Brod bildet sich aus Penicillium Mucor, auf Milch Lepthotrix und aus dieser Hefe. Die Entwicklungs-

---

[1]) *Bail,* Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen. Danzig 1867.

[2]) Die pflanzlichen Parasiten des menschlichen Körpers. Leipzig 1866.

Mycologische Untersuchungen; landwirthschaftliche Versuchsstation von *Nobbe* 1866.

Phytopathologie. Leipzig 1868.

Parasitologische Untersuchungen. Leipzig 1868.

Jahrb. zur Beförderung des Seidenbaues in Brandenburg. Potsdam 1868. Seit dem Jahre 1869 Zeitschrift für Parasitenkunde. Jena 1869.

Pilzregulativ, Gesundheitsregeln für Jedermann insbesondere für die Verpflegung der Verwundten, für Lazarethe etc. Nach eigenen Erfahrungen mitgetheilt. Jena 1870.

[3]) Zur Beurtheilung der Pilzschriften des Herrn *Hallier.* S. 294—297.

[4]) Botanische Zeitung 1866. Zur Entwicklungsgeschichte von Penicillium crustaceum *Fries* und zur Theorie der Hefebildung. Botanische Zeitung 1866. Weitere Mittheilungen über Penicillium und Mucor. S. 60.

Flora S. 193—203, 1865. Beobachtungen über einen Gährungsprozess in der Mund- und Rachenhöhle des Menschen

geschichte schmilzt die Gattung Mucor und Penicillium zusammen und gibt ausserdem fünf Pilzgattungen den Todesstoss, nämlich: Achorion, Lepthotrix, Hormiscium, Cryptococcus und Trichophyton. Dann werden nach den verschiedenen Substraten acht Vegetationsreihen aus Penicillium abgeleitet, deren Anführung unnöthig ist. Werden die Sporen von Penicillium in Wasser gebracht, so platzen sie und entlassen ihren körnigen Inhalt in Gestalt kleiner Schwärmer (Micrococcus, Bacterien), welche zur Ruhe gekommen durch fortgesetzte Quertheilung eine zarte Kette, einen einfachen Gliederfaden bilden. — (Aehnliche Beobachtungen, wornach Bacterien und Hefe einem und demselben Entwicklungskreise angehören, sind auch von *Karsten*, *Lüders* und *Huxley* gemacht worden.) In der Mund- und Rachenhöhle des Menschen verursacht Penicillium in veränderter Form einen Gährungsprozess und Entzündung. Der Favus-Pilz ist nur eine besondere Form des Penicillium.

Auch *Wiesner*[1]) gibt an im Grossen das Hervorwachsen von Schimmelpilzen aus Hefe gesehen zu haben; die weggeworfene Hefe einer Brauerei überzog sich mit grünem Rasen von Penicillium glaucum oder mit einem weissgrauen Filze von Mucor.

Im Jahre 1867 fand sich *Bail* veranlasst die Hauptgebiete seiner entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten zusammenzufassen[2]). Was darin Neues ist, findet sich in einem Vortrage der Naturforscherversammlung 1867 in Frankfurt[3]). Hiernach überschreitet die Wandelbarkeit der niederen Pilze (je nach dem Substrate), wenn sie auch keine unbeschränkte ist, dennoch die bisher für möglich gehaltenen Grenzen. Auf S. 5 und Fig. 21 der beigegebenen Tafel beschreibt und bildet *Bail* den directen Zusammenhang von Mucor mit Penicillium ab, in Fig. 22 den Uebergang des Penicillium in Aspergillus (eine neue Zierde in dem oben genannten Cyclus). Auf der nächstjährigen Versammlung in Dresden[4]) machte *Bail* weitere Mittheilungen über Pilzverwandlungen. Er hat von Neuem

---

[1]) *Wiesner*, Einleitung in die Mikroskopie 1867, S. 161.

[2]) *Bail*, Ueber die Hauptgebiete seiner entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten. Hedwigia No. 12, 1867.

[3]) *Bail*, Ueber Mycologie, Vortrag gehalten in der allgemeinen Sitzung der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte am 20. September 1867 (mit einer Tafel).

[4]) *Bail*, Mittheilungen über Pilzverwandlungen, Vortrag gehalten auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Dresden 1868.

den Uebergang von Mucor in Penicillium sichergestellt, den umgekehrten Vorgang wahrscheinlich gemacht; doch stellt er den Zusammenhang von Hefe mit Micrococcus in Abrede.

Im Jahre 1869 bildet *Bail*[1]) in den Pilzepizootien den Uebergang von Penicillium in Mucor ab (Fig. 15), der hiernach zur höchsten Wahrscheinlichkeit gekommen ist.

Inzwischen hat *Hoffmann*[2]) neue Beobachtungen im Dunstrohr gemacht, die er 1869 in der Botanischen Zeitung zur Kenntniss bringt. Er bildet eine vielgestaltige und gleichartige Keimung von Penicillium ab. Die Endogonidien keimen mit Abwerfung der Schale. Aus Hefesediment werden Mucor Mucedo und Penicillium glaucum mit normaler Fructification wiederhergestellt. Die hierfür verwendete Hefe stammte aus dem Mycel von Oidium lactis und ähnlichen Mycelformen, die auch aus hefeartig abgeschnürten Conidien bestanden, die in der sauren Lösung nicht in activer Sprossung waren, ohne Sporen von Penicillium und Mucor. — Mit einer grossen Wolke von Mycelium, welches nur vereinzelt Pinselsporen von Penicillium, dagegen keine hefeartigen Conidien erkennen liess, erregte *Hoffmann* Gährung. Die Gasblasen kamen nicht aus dem Mycel und nach der Gährung war gewöhnliche Hefe und Kugelhefe vorhanden, identisch mit der aus Mucor gezüchteten. An dem Mycel trat also bei Luftabschluss die Conidienbildung oder Hefeabschnürung nachträglich ein. Hier ist daher ein Fall, wo die Gährung ausschliesslich an die besondere Form des Myceliums, die Conidienabschnürung und Sprossung gebunden ist. So erregt die Pflanze unter veränderten Umständen einmal Gährung und einmal nicht. Penicillium bildet die gewöhnlichen Fruchthyphen mit den Sporenketten ausschliesslich an der Luft (in seltenen Fällen bei geringer Versenkung in Flüssigkeit) und jedenfalls nicht ohne Sauerstoffzutritt, nicht in Kohlensäure; während die Conidien des Myceliums »als Hefe« auch bei völligem Luftausschluss und in Kohlensäure vortrefflich gedeihen. Auch keimen die Sporen von Penicillium nicht bei absolutem Luftabschluss in Wasser unter Deckglas eingekittet. Also anscheinend ganz verschiedenes Verhalten je nach der Vegetationsform und dem Medium.

---

[1]) *Bail*, Ueber Pilzepizootien der forstverheerenden Raupen. Danzig 1869 (mit einer Tafel).

[2]) *Hoffmann*, Ueber Bacterien, Botanische Zeitung 1869 (mit einer Tafel), dieselbe Abhandlung übersetzt und abgedruckt Ann. sc. nat. 1869, XI. No. 1.

(Das hier Gesagte gilt in noch höherem Grade von Mucor.) Auf einem Kartoffelabschnitte setzt die Hefe durch mehrere Tage die Sprossung und Conidienbildung ohne Myceleinschiebung fort, ehe sie an die Bildung von Mycelfäden und Fruchthyphen geht. Dies beobachtete *Hoffmann* wochenlang. — Die Hefe ist eine Form der Conidienabschnürung, so tritt sie bei Mucor und ebenso beim Penicillium am Mycel hervor. Die Pinselsporen des Penicillium sind sozusagen nur eine Luftform der Hefeconidien, die Hefe eine Wasserform der gewöhnlichen Luftconidien also der Pinselsporen. Die von Hoffmann aus Bierhefe gezüchteten Pilzformen sind folgende: Penicillium glaucum, Mucor racemosus und Mucor Mucedo, Oidium lactis, Acrostalagmus cinnabarinus, Sporotrichum murinum und candidum, Polyactis vulgaris. Hierzu kommen noch auf abgekochtem Schafkoth: Sporotrichum spec. Cephalosporium Acremonium, Sporocybe byssoides; auf Kartoffeln Monas crepusculum und Bacterium mit und ohne Penicillium. Umgekehrt züchtete *Hoffmann* Hefe aus vielen Schimmeln: Penicillium, Mucor, Botrytis polymorpha etc. Neuerdings aus Weinhefe gleichfalls Penicillium und Mucor. Endlich sei noch erwähnt, dass *Hoffmann* das Penicillium als ubiquistisch bezeichnet und diese Bezeichnung mit einem langen Verzeichniss von Fundorten begleitet. — Die hier angegebenen Resultate *Hoffmann's* sind sämmtlich von ihm im Dunstrohre gewonnen.

Reess[1]) tritt nun im Jahre 1870 den Angaben der früheren Mycologen, wornach die Hefe aus Schimmelpilzen hervorgehn, entgegen. Nach ihm ist die Hefe ein selbständiger einzelliger Pilz. Er beschreibt eine ungeschlechtliche Fructification, wornach in einer Hefezelle an der Luft 2—4 Sporen entstehen. Die sporenführende Hefezelle nennt er Ascus, die in ihr erzeugten Sporen Ascussporen. Dagegen gibt *Reess* zu, dass die Sporen von Mucor Mucedo und Mucor racemosus in Traubenzuckerhefelösung hefeartig aussprossen (Taf. IX. Fig. 1—5) und Alkoholgährung erregen.

Dies Resultat von *Reess*, der weingeistigen Vergährung durch Mucorsporen, begrüsst *Hoffmann*[2]) mit Freuden, da darnach von specifischen Gährungspilzen nicht mehr die Rede sein könne; dass *Reess* die Hefe nicht zur Fadenkeimung brachte, schreibt *Hoffmann* der Verwendung eines weniger geeigneten Apparates zu, als

---

1) *Reess*, Botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze. Leipzig 1870.
2) *Hoffmann*, Mycologische Berichte 1870.

er ihn in seiner Dunströhre besitze, in der er durch einen der einfachsten und sichersten Versuche, den es geben kann, den er seit Jahren als Vorlesungsdemonstration (!) ausführt, den Beweis der Richtigkeit seiner Angaben geben kann. Den Resultaten seiner Dunströhre vertrauend überlässt *Hoffmann* die Sache der Zukunft und den Händen zukünftiger Forscher[1]).

Allen bisher angegebenen Resultaten bezüglich des genetischen Zusammenhanges von Penicillium mit anderen Pilzen stehen die negativen Ergebnisse *de Bary's* und *Tulasne's* contrastirend gegenüber. — *De Bary*, der Penicillium vielfach untersuchte, weist an verschiedenen Stellen die Angaben *Bail's*, *Hoffmann's* etc. zurück, und hebt zugleich die Fehlerquellen hervor, die bei den Methoden der genannten Mycologen zu ungenauen Resultaten führen mussten. Ich verweise hier kurz auf seine Aeusserungen in der »Morphologie und Physiologie der Pilze« namentlich auf den Abschnitt über Pleomorphie und Generationswechsel, ferner auf die kleine Schrift über »Schimmel und Hefe« erste Auflage 1869, S. 44—64. Aus eben diesem Schriftchen will ich die über Penicillium von *de Bary* ausgesprochene Ansicht kurz wiedergeben: »Penicillium gehört zu den unvollständig bekannten Schimmelformen. Es hat mit Aspergillus glaucus durch die Art seiner Sporenabschnürung und ganz besonders durch diejenigen Fruchtträger, welche als Aspergillus ähnlich bezeichnet werden können, unverkennbare Aehnlichkeit. Es wird daher unbedenklich als Conidienform irgend einer Pilzspecies zu betrachten sein. Aus den ebengenannten Gründen und wegen sehr häufigen geselligen Vorkommens beider liegt ferner der Gedanke nahe, dass Penicillium in den Formenkreis von Aspergillus glaucus selbst gehören möchte, um so mehr als bei einer nicht geringen Anzahl von Pilzen zweierlei Conidienbildungen und manchmal

---

[1]) Beide entscheiden, wie die Untersuchung lehren wird, nicht zu Gunsten *Hoffmann's* und der Academie der Wissenschaften in Paris, welche letztere sich veranlasst sah, die mycologischen Verdienste *Hoffmann's* in seiner Bacterienarbeit zu preiskrönen am 11. Juli 1870. Compt. rend. LXXI, p. 150.

Bezüglich der hier obwaltenden Unklarheiten über die systematische Stellung der Hefe, ferner der Erregung von Gährung durch Hefe, Mucor und Penicillium verweise ich auf meine jüngst in vorläufiger Mittheilung erschienenen Aufsätze:

O. Brefeld, Ueber Mucor racemosus und Hefe nebst Bemerkungen zur Systematik der Pilze. Flora No. 25, 1873.

Untersuchungen über die Alkoholgährung, vorgetragen in der physicalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg Juli 1873, gedruckt in den Abhandlungen der Gesellschaft.

Zwischenformen zwischen diesen vorkommen. Wäre dieser Gedanke richtig, so würde unser Penicillium somit dem Formenkreise eines bekannten Ascomyceten angehören. Es ist nun aber bisher schlechterdings nicht gelungen einen bestimmten Nachweis hierfür zu liefern und es muss daher dahin gestellt bleiben, wo der Formenkreis, dem dieser gemeinste aller Schimmel angehört, seinen Abschluss findet.« — *Tulasne* spricht sich in seiner Carpologie[1]) über einen genetischen Zusammenhang des Penicillium nur bezüglich des Aspergillus und zwar sehr vorsichtig, halb zweifelnd halb bestätigend aus. Ich lasse die Stelle kurz folgen: »Novissimis his temporibus propria experientia percepimus mira illa ab oculatissimo Baryo observata cum vero, ni fallimur, ex omni parte similiter quadare, licet dubia qua de re moverit cl. Duby. Animadvertendum insuper velimus Eurotii apparatum conidiophorum i. e. Aspergillum glaucum Lk. seminum habitu et crassitudine maxime variare, ita ut interdum totus microspermus ad Penicillium glaucum Lk. cujus typus speciatim microspermus est, transire videatur; Aspergillum capitulo inflato monilibus seminum suorum supposito a Penicillio praesertim recedere, id autem discriminis in fungillis neonatis et primiparis omnino desiderari; denique Penicillium laete saepius oriri ex aversa pagina tuberosi vel floccosi stromatis, unde Aspergillus antice provenit.« An einer späteren Stelle[2]) drückt sich *Tulasne*, auf das Angeführte Bezug nehmend, bestimmter aus: Huc adde id Penicillii quandoque formam videri diminutam Aspergilli glauci Lk.

Aus allerneuester Zeit bleibt mir noch anzuführen übrig, dass *Cohn*[3]) auf Grund von Versuchen mit negativem Resultate, die ein Paar hundert Nummern zählen, den behaupteten Zusammenhang von Bacterien mit Penicillium (*Hallier*, *Karsten*, *Lüders*, *Huxley*) abweist.

Ueberblicken wir kurz den zweiten Abschnitt der angeführten Literatur über Penicillium, so finden wir eine Fülle von Resultaten, denen aber am Ende ein sehr ernüchterndes Fragezeichen folgt, mit welchem *de Bary* und *Tulasne*, zwei Autoritäten in der Mycologie, gewissermassen kurz über sie referiren.

In der That bemüht man sich vergebens, aus allen den genannten Untersuchungen etwas thatsächlich Uebereinstimmendes herauszufinden, wodurch unsere

---

[1]) *Tulasne*, Selecta fungorum carpologia. Tom. I p. 63, not. 2.

[2]) *Tulasne*, Carpologia p. 227.

[3]) *Cohn*, Beiträge zur Biologie der Pflanzen II. Heft, Untersuchungen über Bacterien. S. 189—191.

Kenntniss des Penicillium nach irgend einer Richtung einen Fortschritt gemacht hätte. Die systematische Stellung des Pilzes ist eine verwahrloste wie früher, seine Entwicklungsgeschichte ist ungeschlossen wie ehedem, und Alles das, was seine genetischen Beziehungen zu bereichern scheint, stellt sich dem kritischen Urtheile als unhaltbar, der vorsichtigen Untersuchung, wie wir bald sehen werden, als unrichtig dar. Es ist bedauerlich es aussprechen zu müssen, aber es ist unmöglich sich der Thatsache zu verschliessen, unser ganzes Wissen, soweit es als sicher gelten kann, bleibt nach wie vor bei der Beschreibung und der Kenntniss des Aufbaues eines ungeschlechtlichen Fruchtträgers stehen, die das, was uns *Micheli* im Jahre 1729 mittheilte, nicht wesentlich ergänzen. Der ganze Reichthum der Literatur macht uns ärmer und unwissender als wir ohne sie sein würden, und ihr Verlust dürfte minder schmerzlich empfunden werden, wenn sie statt vieler unersetzbarer Werke vor der Belagerung von Strassburg im Jahre 1870 das ausschliessliche Eigenthum der dortigen Bibliothek gewesen wäre.

Ist nun schon einerseits die geringe Kenntniss der gemeinsten Pflanze, die es gibt, eine täglich empfundene Lücke unseres Wissens, so wird anderseits die Abhülfe dieses Mangels zur dringendsten Nothwendigkeit, wenn wir die nachtheiligen Folgen berücksichtigen, die, sowohl was die mycologischen Methoden, wie die Ergebnisse im Allgemeinen betrifft, aus den überaus zahlreichen Untersuchungen hervorgegangen sind. Diese haben nämlich zu vielverbreiteten Vorstellungen und Ansichten über die Entwicklungsgeschichte der Pilze, über Generationswechsel und Pleomorphismus, über Wandelbarkeit der Form nach dem Substrate etc. geführt, die einem gedeihlichen Fortschritte in der Mycologie geradezu ein Hinderniss sind.[1]) Und eben diese durch Penicillium entstandenen

---

[1]) Diese Ansichten passen aufs bereitwilligste zu der Vermuthung, dass vielverbreitete ansteckende Krankheiten durch ganz gemeine Pilze verursacht werden, die nach dem veränderten Substrate in anderer Form auftreten. Sie veranlassen daher Mediciner und Laien, die in mycologischen Dingen nicht erfahren sind, zu selbständigen Untersuchungen nach Methoden, bei denen kaum etwas anderes als Irrthum oder Penicillium und Mucor, die gemeinsten Schimmelpilze, herauskommen kann. Untersuchungen auf Pilze als Ursache ansteckender Krankheiten sind die schwierigsten, die es geben kann. Sie erfordern volle Herrschaft wissenschaftlich-methodischer Beobachtung, durch welche die so nahe liegenden Irrthümer sämmtlich vermieden werden. Diese kann man sich nur durch mehrjährige ausschliessliche Beschäftigung mit Pilzen aneignen; sie ist den meisten Mycologen nicht eigen: wie kann sie ein Laie besitzen? Will man in dieser unzweifelhaft höchst wichtigen Frage weiter kommen, so muss der Pathologe Mycologie studiren, oder der in kritischer Schule gebildete Mycologe sich der Pathologie zuwenden.

falschen Begriffe in der Mycologie finden immer wieder in Penicillium selbst einen leider zu günstigen Nährboden und Schutzdach, so lange es nicht gelungen ist im Wege streng wissenschaftlicher und kritischer Untersuchung den wahren Abschluss seiner Entwicklungsgeschichte zu finden und damit zugleich die Irrwege zu kennzeichnen, in die man gerathen ist. Hiermit ist eine besondere Aufgabe[1]) in ihrem weiten Rahmen bezeichnet, die sich im Beginn der Untersuchung als unvermeidliche Beigabe anschliesst, und die wir darum als leitenden Gedanken sofort verwerthen wollen.

[1]) Nur ihretwegen, nur aus didactischen Gründen habe ich die Literatur von Penicillium, soweit es mir nothwendig schien, vorausgeschickt. Sie ist sonst wissenschaftlich betrachtet werthlos und dem Resultate der Untersuchung gegenüber überflüssig.

Vorläufige Versuche und Einleitung.

Ich begann meine ersten Beobachtungen des Penicillium, die aus den Jahren 1869—70 datiren, mit einer umfangreichen Nachuntersuchung aller früheren Angaben, die sich auf den Nachweis eines genetischen Zusammenhanges mit anderen Pilzen ergeben haben. Die Untersuchung wurde aber, statt mit einer Masse von Sporen, durch deren Cultur und Beobachtung die früheren Mycologen, welche Penicillium untersuchten, zu ihren Entdeckungen gelangt sind, mit der einzelnen Spore gemacht nach demselben Verfahren, wie es im ersten Hefte der Schimmelpilze genauer beschrieben ist.[1] Die so gewonnenen Resultate waren durchaus bestimmt: keine einzige sämmtlicher Angaben fand Bestätigung. Es musste dies merkwürdige aber sichere Ergebniss mit Nothwendigkeit zu der Ueberzeugung führen, dass hier auf den eingeschlagenen Wegen nicht weiter zu kommen sei, zugleich aber auch zu der Einsicht, dass eine genügende Klarheit die erfolgreichen Bestrebungen der früher genannten Gelehrten nicht beherrscht hatte. Eine wissenschaftliche Thätigkeit hat zur Aufgabe Fragen zu lösen resp. zu beantworten, um dadurch unsere wissenschaftlichen Kenntnisse zu vermehren, sei es nun dass diese Fragen so zu sagen auf der Tagesordnung stehen, oder dass sie das nebensächliche Ergebniss jeder consequent durchgeführten Untersuchung sind. In erster Linie ist es nothwendig, sich die Frage, die man lösen

[1]) Bei allen anderen Pflanzen ist dies ganz selbstverständlich, nur bei den Pilzen, wo die Sporen sehr klein sind, die Gefahr des Irrthums aber desto grösser, schlägt man den anderen Weg ohne Bedenken ein, indem man die Schwierigkeiten, die einzelne Spore zu verfolgen, als unüberwindlich hinstellt.

will, so zu stellen, dass sie beantwortet werden kann, denn nur auf eine klare Frage, die auf ein ganz bestimmtes Ziel gerichtet ist, wird eine ebenso klare und bestimmte Antwort erfolgen können. Hierin unterscheiden sich die Fragen, die man beliebig von der Tagesordnung nimmt von denen, die man sich selbst als die natürliche Folge vorangegangener Untersuchungen stellt. Nur die letzteren sind wissenschaftlich präcisirte Fragen, den ersteren gegenüber, die aus der Phrase nicht herausgekommen sind. So lautete bis dahin die Frage, die allen Mycologen betreffs Penicillium offen stand, offenbar dahin, einen anderweiten genetischen Zusammenhang des Penicillium zu finden, der nothwendig bestehen müsse, weil die Pilze Pleomorphisten sind. Diese unklare allgemeine Frage, auf deren Lösung die bisherigen Untersuchungen gerichtet waren, barg so zu sagen von selbst mangelhafte Methode, Massenculturen in *Hoffmann*'schen[1] und *Bail*'schen Apparaten und Irrthümer wie die Wandelbarkeit der Pilze nach dem Substrate[2])

---

1) *Hoffmann's* Apparat, das »Dunstrohr zur Reincultur«, welches nach seiner Ansicht mit absoluter Sicherheit arbeitet (Frankfurter Versammlung 1867), ist ebenso überflüssig als unbrauchbar und kann nur Aufsehen erregen und Vertrauen in seine Resultate erwecken bei den Leuten, die von Mycologie nichts verstehen. Der Apparat ist ein einfacher Schutz einer Cultur gegen die Invasion fremder Pilzsporen. Die letzteren sind nun aber bei den Massenculturen *Hoffmann's* schon von vornherein in dem Culturmateriale ganz unvermeidlich als Fehlerquelle vorhanden. Der Apparat leistet denselben Dienst wie ein Regenmantel, den man einem durchnässten Menschen gibt, damit er sich durch ihn auf seinem letzten Gange vor Erkältung schütze gegen einige Regentropfen, die unterwegs auf ihn niederfallen könnten. Die *Hoffmann*'sche Massencultur und sein Apparat sind ein überwundener Standpunkt; es handelt sich in Zukunft allein um die Verfolgung der einzelnen Spore, wenn die Wissenschaft statt Irrthümer Wahrheit ärnten, und wenn sie statt mit Wahrscheinlichkeiten durch Thatsachen gefördert werden soll.

2) Die Wandelbarkeit der Pilze nach dem Substrate und dem Medium und verschiedenen äusseren Bedingungen ist eine von *Bail* 1856 zuerst ausgesprochene Idee (Bericht der Bot. Section der vaterl. Gesellschaft in Schlesien: Vortrag von *Bail* am 30. October 1856) nach der, wie häufig bei vorgefassten Ansichten, eine Summe unsicherer Beobachtungen ohne Kritik gedeutet sind. *Hoffmann* kommt zu der gleichen Idee wie *Bail* (Ueber Saprolegnia und Mucor, bot. Zeitung 1867) nachdem er vorher den Mucor als alten Feind auf neuer Spur ertappt hat (Bot. Zeitung über den Favuspilz 1867, No. 31) und sagt: »Ich kann nicht umhin darauf hinzuweisen, dass wir in unserem Mucor, welcher bisher schon zu den pleomorphsten Pilzen gehört, nach vorstehendem Nachweise der Identität mit Saprolegnia eine zur Zeit beispiellose Vielgestaltigkeit vor uns haben; und da mehrere der auffallendsten Hauptformen in Folge ihrer Abhängigkeit von äusseren Medien oder ihrer Accommodation an dasselbe in der Regel ganz streng geschieden, durch anscheinend endlose Generationen vorkommen können, so liegt hier ein Fall vor, welcher meines Bedünkens von den Anhängern der *Darwin*'schen Hypothese sehr wohl verwerthet werden könnte.« »Nach *Bail* (Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen, Danzig 1867, S. 35) ist

in sich, die in der späteren Untersuchung von selbst klar dargelegt werden. Die Frage hatte nur die Anwendung des Pleomorphismus der Pilze für einen beliebigen Einzelfall zur Aufgabe, eines Pleomorphismus, der leicht missverstanden werden kann und der thatsächlich fast allgemein missverstanden worden ist. Es musste also erst ein klares Verständniss des Pleomorphismus der Pilze gewonnen werden, erst dann war es möglich, die Fragen über Penicillium, die allein eine sichere Lösung wahrscheinlich machen konnten, nicht allgemein gehalten, sondern scharf präcisirt aufzustellen. Ich werde beides aus dem ersten Hefte der Schimmelpilze, aus den Untersuchungen über Mucor Mucedo mit seinen Parasiten, dem Chaetocladium Jonesii und der Piptocephalis Freseniana herzuleiten versuchen.

Wie wir durch *Tulasne* und *de Bary* wissen, kommen einem und demselben Pilze verschiedene Fruchtformen zu, die mitunter zu einem bestimmten Generationswechsel mit einander verbunden sein können. Beim Mucor Mucedo war nun die Zahl der Fructificationen, unter denen er auftreten sollte, bereits nach *van Tieghem's*[1]) neuestem und letztem Resultate auf acht gestiegen, als sich bei

---

gewiss jeder Freund der Wissenschaft von der Wichtigkeit des in Rede stehenden Gegenstandes durchdrungen, da wir durch derartige Studien über die Entwicklung der Pilze eher als auf anderen Wegen zu Aufschlüssen über ein Problem gelangen können, auf das durch *Darwin's* epochemachende Schriften die Aufmerksamkeit aller Gebildeten hingelenkt worden ist. Auch die Richtung, die wir bei unseren Untersuchungen einzuschlagen haben, ist gegeben. Wir haben Culturversuche mit demselben Pilze in den verschiedensten Medien und unter den mannigfachsten Temperatur- und anderen Verhältnissen einzuleiten.« Hätte *Bail* (ebenso *Hoffmann*) diese projectirten Versuche genau nach seiner Vorschrift wirklich gemacht und statt mit Massen mit einer Spore ausgeführt, so würde er zu dem entgegengesetzten Resultate gekommen sein, zu dem nämlich, dass die Pilze in ihrer Wandelbarkeit auf demselben Punkte stehen wie alle anderen Pflanzen, und dass es ein reiner Köhlerglaube ist, bei den Pilzen eher zu Aufschlüssen über die Descendenztheorie kommen zu können als dies bei den höheren Pflanzen möglich ist. Aber auch gesetzt den Fall, die Pilze veränderten sich wirklich nach dem Substrate und dem Medium, worin sie wachsen, die Ansichten *Bail's* und *Hoffmann's* wären richtig, so bleibt es vollkommen unverständlich wie die Descendenztheorie aus einer solchen Variabilität Nutzen ziehen könnte. *Darwin* und namentlich *Nägeli* sprechen es gerade auf das Entschiedenste aus, dass Veränderungen von Aussen durch blosse äussere Umstände nicht constant, nicht vererbbar und darum von gar keiner Bedeutung sind. Was soll denn nun wichtig sein? Was soll zu Aufschlüssen führen? Nicht bloss die Thatsachen, auf die sich die Idee stützen soll, sind unrichtig, die Idee selbst schwebt rein in der Luft.

[1]) *Van Tieghem*, Sur le polymorphisme du Mucor Mucedo, Compt. rendus de l'Académie des sciences de Paris 1872, p. 997—1002.

Ich muss hier kurz anführen, dass *van Tieghem*, nachdem er das erste Heft meiner Schimmelpilze gelesen hat, seine Irrthümer eingesteht und widerruft. (Siehe dessen jüngst veröffentlichte Arbeit: Recherches sur les Mucorinées par *Th. van Tieghem* et *G. Lemonnier*. Paris 1873.)

genauester Untersuchung kurz Folgendes ergab: die Mycelien des Pilzes bilden für gewöhnlich nur ungeschlechtliche Fruchtträger und erschöpfen sich in diesen Propagationsorganen; in besonderen Fällen, unter noch nicht ganz sicher erkannten Bedingungen, nehmen sie den eigentlich normalen Entwicklungsgang und bilden Geschlechtsorgane. Aus der Befruchtung geht als zweite Generation mit eingeschobenem Ruhezustande als Zygospore schliesslich ein Fruchtträger hervor, der hier mit einem ungeschlechtlich gebildeten im Wesentlichen übereinstimmt. Aus jeder Spore des Fruchtträgers der zweiten Generation bilden sich Mycelien mit Geschlechtsorganen, also die erste Generation wieder, oder die Mycelien werden nicht geschlechtstüchtig und pflanzen sich ungeschlechtlich fort. Alle anderweitigen mit ihm verbundenen ungeschlechtlichen Fruchtformen gehören besonderen Pilzen mit gleichem oder ähnlichem Entwicklungsgange an.

Was hier bei Mucor und verwandten Pilzen gefunden wurde, ist in nichts verschieden von dem was wir bei allen Pflanzen kennen. Auch diese kommen häufig nicht zum normalen Generationswechsel, weil sich keine Blüthen und daher keine Geschlechtsgeneration ausbildet; ihre Stelle wird dann durch ungeschlechtliche Fortpflanzung vertreten, entweder in der Form von Brutknospen oder Stolonen. Unter anderen Verhältnissen tritt die Blüthe und die Geschlechtsgeneration normaler Weise auf, es kann dann die ungeschlechtliche Fortpflanzung unterbleiben wie bei Mucor Mucedo, oder sie kann gleichzeitig fortbestehen wie bei Chaetocladium und Piptocephalis. Bei den Laub- und Lebermoosen, bei den Kryptogamen und Phanerogamen findet jeder Botaniker dieselben Verhältnisse ganz natürlich, hier gibt es kein Gesetz des Pleomorphismus, wiewohl es ganz mit gleichem Rechte geltend gemacht werden kann wie bei den Pilzen. — Führen wir den Vergleich weiter aus. Wird eine höhere Pflanze, ein Moos oder ein Phanerogame an irgend einem Orte nicht fructificirend, nicht blühend, dafür aber in ungeschlechtlicher Vermehrung gefunden und etwa nicht gekannt, so kommt man naturgemäss auf die Vermuthung, dass die betreffende Pflanze zufällig hier nicht blühe, dass sie aber an einem anderen Standorte, vielleicht auch in einem anderen Jahre, zur Blüthe und Fruchtbildung kommen werde. Man wird also, weil die Pflanze nur in ungeschlechtlicher Vermehrung angetroffen wurde, nach der blühenden und fructificirenden Pflanze wie nach etwas ganz selbstverständlichem weiter suchen. Bei den meisten Mycologen ist nun aber die Denk- und Handelsweise eine total andere und rein

willkürliche geworden, wiewohl hier die Verhältnisse ganz dieselben sind, wie bei allen anderen Pflanzen. Die Mycelien vieler Pilze kommen unter manchen Verhältnissen gleichsam nicht zum Blühen, zur geschlechtlichen Fortpflanzung, sie tragen nur die Analoga der Brutknospen und Stolonen, nämlich ungeschlechtliche Fruchtträger. Statt nun aber bei der Auffindung des ungeschlechtlichen Fruchtträgers nach dem blühenden Pilze d. h. nach der geschlechtlich erzeugten Frucht und der zweiten Generation weiter zu suchen, nehmen die meisten Mycologen, dem missverstandenen Pleomorphismus der Pilze, ihrem vermeintlichen Bedürfnisse nach weitläufigen genetischen Beziehungen gerecht zu werden, einfach an: der gefundene Pilz z. B. Penicillium kam mit Mucor, auf einer todten Fliege mit Entomophthora, auf saurer Milch mit Oidium etc. vor, ferner wuchs auf einem Klumpen Saccharomyces Penicillium, Mucor und Oidium, aus Fliegen mit Entomophthora wuchs unter Wasser Saprolegnia, auf Wasser Mucor etc., folglich gehören sie alle nach dem Gesetze des Pleomorphismus zusammen. Genau so würde der phanerogamische Botaniker handeln, der in einem neuen Lande einen Haufen ganz verschiedener nicht blühender aber ungeschlechtlich sich fortpflanzender Pflanzen auf Grund gemeinschaftlichen geselligen Vorkommens genetisch zusammenfügte und ohne die Blüthe und die Frucht gesehen zu haben benennte. Hier würde man das einfach Unsinn nennen, bei den Pilzen gilt es als wissenschaftliche Leistung. — Die ungeschlechtliche Fortpflanzung, die Propagation, ist bei vielen Pilzen häufiger wie bei den höheren Pflanzen. Sie tritt in der Form vielgestaltiger Fruchtträger scheinbar als vollkommene Pflanze auf, zugleich mitunter in einer Reichhaltigkeit und einer Fülle, wie sie den übrigen Pflanzen fehlt. Diese graduelle Abweichung der Pilze von der übrigen Pflanzenwelt ist offenbar der Ursprung eines argen Missverständnisses, indem eben darin ein wirklicher Unterschied, ein förmlicher Gegensatz der Pilze zu allen anderen Pflanzen gesehen wurde. Hierdurch ist eine Verwirrung und Unklarheit unter den Pilzen entstanden, die so lange nicht zu beseitigen ist, als man daran festhält die Pleomorphie der Pilze als ein besonderes nur für diese Organismen geltendes Naturgesetz zu halten. Die Pilze sind Pflanzen wie alle anderen und wenn man einen Pilz in ungeschlechtlicher Fortpflanzung findet, so ist zwar die Möglichkeit nach einer zweiten Form ungeschlechtlicher Fortpflanzung nicht ausgeschlossen, die Hauptfrage geht aber wie bei einer ungeschlechtlich sich vermehrenden phanerogamischen Pflanze, nach der Auffindung

der Blüthe des Pilzes d. h. nach seinen Geschlechtsorganen und der aus dieser hervorgegangenen zweiten Generation, weil hierin die Natur der Pflanzen allein zum Ausdruck kommt und ohne sie eine völlige Erkenntniss, eine engere Unterscheidung und Eintheilung unmöglich ist.

Die Fragen also, welche, um nach dem etwas weiten Anlauf dieser Deduction zu unserer Aufgabe zurückzukommen, hier bei Penicillium gestellt werden mussten, wenn sie als wissenschaftliche klar gestellte Fragen gelten sollten, lauteten also:

1) Welchen genetischen Zusammenhang *muss* Penicillium haben?
2) Welchen genetischen Zusammenhang *kann* es etwa ausser Penicillium (den bekannten Conidienträgern) haben?

Oder um die Fragen anders, womöglich deutlicher auszudrücken:

1) Wie ist die geschlechtliche Befruchtung von Penicillium? welches ist die Generation die daraus hervorgeht?
2) Treten auf den Mycelien von Penicillium ausser Penicillium noch andere ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane auf?

Die Antwort beider Fragen wird die Lösung einer dritten

3) nach dem Generationswechsel des Penicillium und der Reihenfolge seiner Fruchtformen von selbst in sich schliessen.

Sie wird es endlich ermöglichen in vierter Linie

4) dem Penicillium seine wahre systematische Stellung anzuweisen, damit es aus langem Provisorium endlich in den Ruhestand kommt.

Die erste und wichtigste von allen Fragen spaltet sich eingangs nach zwei Richtungen. Es wird zunächst festzustellen sein, ob die hier zu suchende geschlechtlich erzeugte Frucht des Penicillium ein schon näher bekannter, vielleicht anderswo beschriebener Pilz ist, oder ob sie unbekannt und darum neu zu suchen ist. Da nun bei der früher erwähnten ersten sehr ausgedehnten Versuchsreihe niemals eine bekannte geschlechtlich erzeugte Pilzfrucht auf den Mycelien von Penicillium gefunden werden konnte, so blieb nur die letzte Möglichkeit offen, dass man den eigentlichen Pilz gar nicht kenne. Es musste also die Untersuchung neu von vorn begonnen werden und vom Ursprunge wie die Untersuchung mag auch die Darstellung ihrer Resultate hier beginnen, die bis auf die früheren Details des ungeschlechtlichen Fruchtträgers durchaus neu sind.

IV. Mycelien der Geschlechtsgeneration von Penicillium mit ungeschlechtlichen Fruchtträgern.

Die ungeschlechtlichen Conidiensporen von Penicillium sind von winziger Kleinheit, sie messen nur 0,0025 Mm. Noch bei 300facher Vergrösserung erscheinen sie dem Auge als kleine runde Pünktchen (Taf. I, Fig. 1a.) mit starkem Randschatten, den feinen Beimengungen ähnlich, die sich in einer vielfach filtrirten, aber immer noch etwas trüb erscheinenden Flüssigkeit vorfinden. Auch die stärksten Vergrösserungen geben nicht hinreichende Mittel eine andere als negative Beschreibung zu geben. Man erkennt (Taf. I, Fig. 2a.) nichts von einem Inhalte, nichts von einer Membran die ihn umschliesst, noch an deren Aussenfläche irgend eine Verzierung. Man mag sie drehen und wenden wie man will, auch die Nabelgegend, mit der sie dem mütterlichen Organismus aufgesessen hat, ist nicht mehr aufzufinden; nur zeigen sich bei diesem Experimente so viele bedenkliche Abweichungen von der Kugelgestalt, dass sie des Prädicates »rund« nicht in dem Maasse würdig sind, wie es anfangs scheint.

Bringt man eine Spore in eine durchaus klare Lösung einer organischen Substanz, so gehen schon bald auffallende Veränderungen mit ihr vor. Sie schwillt mehr und mehr an und zwar regelmässig nach allen Richtungen (Taf. I, Fig. 1b.). Nun erst wird ein Inhalt erkennbar und eine sehr zarte glatte Membran, die ihn umgibt. Der Inhalt besteht aus einem sehr feinkörnigen Protoplasma, das die Zelle gleichmässig auszufüllen scheint. Erst bei sehr scharfer Einstellung gewahrt man in diesem eine oder mehrere sehr kleine Vacuolen, die in der Mehrzahl nicht zu einer grossen vereinigt sind (Taf. I, Fig. 2b.). Die

Anschwellung der Spore geht nicht über das Dreifache der ungekeimten hinaus, dann brechen bald nur nach einer, bald nach 2—6 verschiedenen Richtungen Keimschläuche aus ihr hervor[1]) (Taf. I, Fig. 1b, 2b.). Diese sind immer dünner wie die angeschwollene Spore und machen es leicht sie in ihrer Mitte auf den ersten Blick sicher zu unterscheiden. Die Keimschläuche wachsen fort in so ebenmässiger Dicke, als ob sie aus einer Patrone gedrückt würden. Das Wachsthum geschieht, wie es scheint, nur an der Spitze der Schläuche. Sie hören früh (Taf. I, Fig. 1b, 2b.) auf einzellig zu sein, durch Bildung von Scheidewänden, die in nicht regelmässiger Entfernung hinter der Spitze der Fäden auftreten. Nun wird es möglich die Endzellen und Gliederzellen getrennt zu beobachten und mit Sicherheit festzustellen, dass mit der Gliederung die Endzelle

---

[1]) Von einem Abwerfen des Exosporium bei der Keimung der Penicilliumsporen, wie es *Loew* beschreibt, habe ich in den tausenden von Keimungen in den verschiedensten Substraten, die ich bei der Untersuchung durchzumustern Gelegenheit hatte, mit den besten optischen Hülfsmitteln nie etwas sehen können. Es ist gar nicht möglich ein Exo- und Endosporium zu unterscheiden, viel weniger kann ersteres bei der Keimung abgeworfen werden; es bleibt nur die Möglichkeit übrig, dass hier andere Sporen mit in die Cultur gekommen und als Penicillium beobachtet sind.

Hoffmann spricht von einer Verschiedenheit der Keimung des Penicillium die er in der preisgekrönten Bacterienschrift abbildet. Die Keimschläuche sind höchstens einen Zoll lang, an dem längsten, den der genannte Mycologe vorführt, liegen oben einige cylindrische Zellen, die nur zufällig Platz genommen, niemals aber von dem Schlauche gebildet sein können. Die Verschiedenheit der Keimung beweist, dass das Sporenmaterial nicht rein gewesen ist, die Abbildungen zeigen aufs getreueste, dass die Keimlinge, wenigstens als sie gezeichnet wurden, ihren Pilzgeist bereits ausgehaucht hatten. — Die Angaben über hefeartige Aussprossungen des Penicillium in gährungsfähiger Lösung, Bierwürze etc. sind einfach unrichtig. Penicillium bildet in jeder gährungsfähigen Lösung immer nur die gewöhnlichen Keimschläuche, ich habe dies unzählige Male an den einzelnen Sporen verfolgen können, habe Mycelien von einigen Zollen Grösse aus einer Spore in beliebiger gährungsfähiger Lösung gezogen, ohne jede Gährung und Hefebildung. Weder *Hoffmann* noch auch *Bail* und *Hallier*, von denen die Angaben abstammen, haben direct beobachtet, dass eine Penicilliumspore hefeartig aussprosste, Hefe bildete und Gährung erregte; man stützte die Angaben auf die Versenkung von einem Haufen Sporen oder Wolken von Mycelium in gährungsfähige Flüssigkeit, die dann im Dunstrohr oder im Pilzkasten Zutritt erhielt. Es entstand dann Gährung und es fand sich Hefe vor, für die Penicillium ohne Weiteres verantwortlich gemacht wird. Ist denn etwa der Hafer, den ein Landwirth auf einem Felde ärntet, auf welches er nur Weizen ausgesäet hat, aus dem Weizen entstanden? Hat man ein Recht, in einem Walde, der aus Eichen, Buchen, Birken und Erlen besteht, die drei letzten Pflanzen, weil man nur Eichen ausgesäet hat, als durch das Substrat verwandelte Eichen anzusehen? (Man vergleiche an dieser Stelle die Ergebnisse meiner früher citirten Arbeiten über »Mucor racemosus und Hefe und über die Alkoholgährung«.)

allein durch Spitzenwachsthum in die Länge wächst, dass eine nachträgliche intercalare Dehnung der Gliederzellen nicht stattfindet. Die Endzelle hat die Fähigkeit an beliebigen Stellen Seitenäste zu bilden (Taf. I, Fig. 3), von denen mitunter der jüngste nahe der Spitze in seinem Wachsthum so gefördert wird, dass es für kurze Zeit den Anschein hat, als ob eine dichotome Theilung der Spitze der Endzelle an die Stelle monopodialen Aufbaues getreten wäre, was jedoch niemals der Fall ist. Während die Endzelle wächst und sich verzweigt, geben die älteren Gliederzellen, nachdem sie die Fähigkeit in die Länge zu wachsen verloren haben, ihre nicht erloschenen Wachsthumsbestrebungen in der Bildung von weiteren Seitenzweigen kund. Diese Seitenzweige haben eine bestimmte Stellung, sie kommen für gewöhnlich gerade unter der oberen Scheidewand hervor (Taf. I, Fig. 3). Wir haben dann an den verzweigten Keimschläuchen, die wir fortan Mycelium nennen wollen, Seitenzweige zweierlei Art und zweifacher Anordnung. Die ersten sind aus Verzweigungen der Endzelle hervorgegangen, sie stehen mehr in der Mitte der Zellen, die letzteren sind Seitenzweige der Gliederzellen und sind unter den Scheidewänden inserirt. Natürlich braucht nicht nothwendig eine jede Gliederzelle Seitenzweige zu bilden; sie unterbleiben, ebenso wie die Verzweigungen der Endzelle, je nach der Ernährung für längere oder kürzere Zeit, und es sind Fälle nicht selten, wo 3—4 Gliederzellen mit der Endzelle ohne alle Verzweigungen einen einfachen Faden darstellen. Die Zweige besitzen dieselbe Fähigkeit weiterer Verzweigung und folgen demselben monopodialen Wachsthumsgesetze wie die Hauptaxen, von denen sie schon bald nicht mehr zu unterscheiden sind. Das ganze Verzweigungssystem des Myceliums breitet sich allseitig centrifugal weiterwachsend um die noch deutlich erkennbare Spore als Ursprungs- und Centralpunkt aus. Schon auf den ersten Blick muss uns an dem Mycelium in seinen vorgerückten Lebensstadien die merkwürdige Ebenmässigkeit in der Dicke seiner sämmtlichen Haupt- und Seitenäste auffallen. Die jüngst geborenen Seitenäste kommen gleich in der Geburt mit den Dimensionen des Mutterfadens zum Vorschein. Die Dimensionen der Fäden schwanken auch an den ältesten Mycelien, durchschnittlich = 0,0071 Mm., wenig, nur bei sehr dürftiger Ernährung sinken sie an den Enden zur halben Dicke = 0,0040 Mm. zurück.

Ueber den Inhalt der Mycelien lässt sich nur dasselbe sagen wie über die gekeimte Spore. Er besteht überall aus einem äusserst feinkörnigen Protoplasma

mit sehr kleinen Vacuolen (Taf. I, Fig. 2 und 3). Bei schwacher etwa 300facher Vergrösserung haben die Fäden ein stark lichtbrechendes Ansehen, das sehr charakteristisch ist und das erst in dem Momente verschwindet, in welchem die Mycelien absterben. — An grossen üppigen Mycelien rufen starke Erschütterungen, substanzielle Veränderungen der Nährlösung und dadurch entstehende enosmotische Wirkungen ein Platzen der Schläuche an den Spitzen hervor. Das Protoplasma tritt an diesen Stellen in Form einer dicken hin- und hergekrümmten Wurst hervor. Es verändert sogleich sein Ansehen, wird körnig und dunkel, ohne sich in der Nährlösung zu verbreiten wie das Protoplasma der Zellen höherer Pflanzen. Nach kurzer Zeit wird an diesem Plasma eine Haut abgeschieden, die ein weiteres Verbluten der Schläuche hindert. Man könnte glauben, dass den Pilzen hierin ein Schutz gegeben wäre wie etwa den höheren Pflanzen in der Wundkorkbildung. Die Mycelien von Mucor verhalten sich dem Penicillium gleich und auch bei Entomophthora Muscae[1]) habe ich eine nachträgliche Hautbildung ausgeworfenen Plasmas beschrieben; jedenfalls verdient der Umstand Berücksichtigung und weitere Beachtung.

Es ist eine besondere Eigenthümlichkeit der Mycelien von Penicillium, mit seinen Fäden an beliebigen Stellen der Berührung durch Fusion der Wände zu verschmelzen. Ich habe einen besonders charakteristischen Fall dieser Art in (Taf. I, Fig. 4) dargestellt. Man sieht die Verschmelzung nur an kleinen wenig verzweigten Mycelien mit Sicherheit, auch dann nur, wenn die Fäden ganz isolirt liegen und nicht durcheinandergewachsen sind. Da dies nur bei Kümmerlingen möglich ist, so neigt *Loew*[2]) zu der Ansicht, dass eben in der kümmerlichen Ernährung die Ursache zu der Verschmelzung liegen könne. Eine kritische Beurtheilung ist nicht möglich, weil man die Verschmelzung bei üppigen Mycelien wegen zu reichlicher Verzweigung nicht sehen kann und also nicht weiss, ob sie hier vorkommt. Jedenfalls ist die Erscheinung eine für das Leben des Pilzes unwichtige und nebensächliche.

Wie Wunderkinder unter den Menschen beginnt Penicillium schon in der ersten Jugend der Natur Früchte zu tragen zu einer Zeit, wo die Mycelien noch

---

[1]) *Brefeld*, Entomophthora Muscae, Abh. der naturf. Ges. zu Halle. Band XII, S. 36 und 37, Taf. IV, Fig. 27—31.

[2]) *Loew*, Pringsheim's Jahrbücher. Bd. VII, S. 481.

klein und im stärksten Wachsthum begriffen sind. Es erfolgt die Fructification verschieden schnell je nach den äusseren Umständen, je nachdem das Mycelium an der Oberfläche oder tiefer im Culturtropfen des Objectträgers vegetirt und leichter mit seinen Verzweigungen an die Luft tritt, am frühesten mit dem dritten Tage, spätestens am fünften nach der Aussaat. Die Mycelien leiten den Prozess ohne irgend wahrnehmbare Veränderungen ein. Es werden nämlich nicht besondere Fruchtträger gebildet zum Zwecke der Sporenbildung, sie beginnt vielmehr an jedem beliebigen Faden, der sich aus der Culturflüssigkeit in die Luft erhebt. Hiermit ist zugleich schon angegeben, dass die Fruchtträger, die nur zur Sporenabschnürung umgeänderte Mycelfäden sind, nicht mehr und nicht weniger einen bestimmten Ursprung, eine bestimmte Stellung am Mycelium erkennen lassen, als dies für die Seitenzweige der Fall war. Auch in ihren Dimensionen, in den Dickenverhältnissen = 0,0047 bis 0,0050 Mm. waltet gegen gewöhnliche Mycelfäden kein Unterschied ob. Die Fruchtträger erscheinen für gewöhnlich zuerst an den älteren Myceltheilen, also in der Mitte eines Myceliums. Sie sind in der Mehrzahl hinter einer Scheidewand inserirt und geben dadurch der Vermuthung Raum, dass sie die jüngst gebildeten Seitenäste sind und zwar solche, die in ihrer Richtung senkrecht zum Substrat, an den älteren Myceltheilen in der Mitte zuerst das Niveau des Culturtropfens erreichen (Taf. I, Fig. 6c). Die Zahl der Fruchtträger entspricht der Zahl der Mycelseitenäste der Mitte, die in die Luft gehen, sie stehen oft zu vielen dicht zusammen. Nach begonnener Fructification an einzelnen Fäden wachsen alle übrigen Theile des Myceliums gerade so weiter wie früher, die Endzellen besorgen durch Spitzenwachsthum und Verzweigung die peripherische Ausdehnung, die Gliederzellen durch Astbildung eine gleichzeitige Vermehrung der Fäden im centralen Theile des Myceliums. Hier wird fortan in dem mehr und mehr zunehmenden Fadengewirr die Unterscheidung der Keimsporen schwieriger (Taf. I, Fig. 6a) und endlich unmöglich, wenn nun auch die Zahl der Fruchtträger und deren Fructification fortschreitet.

Die zu Fruchtträgern bestimmten Myceläste beschliessen sehr früh ihr Längenwachsthum, d. h. die Endzelle des Fadens hört auf in die Länge zu wachsen, nachdem eine letzte Gliederung eine kurze Strecke hinter der Spitze (Taf. I, Fig. 5, I u. II 1a u. b.) eingetreten ist. Genau unterhalb dieser letzten Scheidewand beginnt die jüngste Gliederzelle des nicht weiter wachsenden

Fadens einen Seitenast (1c) zu bilden, der sich der Endzelle anlegend vertical nach oben richtet. Noch ehe er die volle Höhe der letzteren erreicht hat, zeigt sich auf dieser (1d) eine Aussprossung und zwar genau in der Fortsetzung der Axe. Sie ist etwas dünner wie die Axe, erreicht nur eine geringe Höhe und nimmt, indem sie sogleich den Prozess der Sporenbildung einleitet, den Charakter einer sporenabschnürenden Basidie an. Ihre Spitze wird zu einem dünnen Fortsatze, dem Sterigma verlängert, welches oben kugelig anschwillt zur ersten Spore (2e, f). Unter der ersten Anschwellung, sobald sie ihre normale Ausdehnung erreicht hat, kommt sofort eine zweite in Sicht und so wiederholt das Sterigma eine unbestimmte Zeit den Vorgang der succedanen Abschnürung, einer Sporenkette Ursprung gebend (2f), an der wie bei Aspergillus, Cystopus etc. die äusserste Spore die älteste, die dem Sterigma aufsitzende die jüngste ist. Die Sporen sind bald nach der Abschnürung farblos, nehmen aber allmählich mit der Reife nach dem Ende der Kette zu eine bläuliche Farbe an, die nicht an der einzelnen Spore sondern nur an der Masse deutlich zu sehen ist. Zur Zeit wo die Basidie der Hauptaxe die erste Spore abschnürt, entsteht auch auf dem Seitenaste (1c), der in seiner Längenausdehnung die Hauptaxe nicht zu überschreiten pflegt, eine Basidie (2d), die ebenfalls Sporen abzuschnüren anfängt. Zugleich wächst neben der ersten Basidie, diese etwas zur Seite schiebend, aus dem Scheitel der Hauptaxe eine zweite und dritte hervor, dasselbe geschieht auf dem Seitenaste, und in wenigen Stunden ist die Sporenabschnürung an allen im Gange (2—5). Ich habe die einzelnen Vorgänge der Basidien und Sporenbildung an mehreren Fruchtträgern beobachtet und zwei Fälle dieser Art gezeichnet (Taf. I, Fig. 5, I u. II). Die Beobachtung wurde in einer feuchten Kammer gemacht, die so construirt war, dass sie die Anwendung sehr starker Vergrösserungen zuliess. Die einzelnen Figuren sind in Zeitabschnitten von 2—3 Stunden gezeichnet und zeigen, dass etwa alle Stunden eine Spore auf jedem Sterigma gebildet wird. Beobachtungen dieser Art sind von *Loew* im Jahre 1869 gemacht und mitgetheilt; sie erhalten ebenso wie das, was er über die Mycelien angibt, hier im Wesentlichen Bestätigung und weitere Ausführung.

Die abgeschnürten Sporen sind nicht alle von gleicher Grösse, sie zeigen eine Abnahme von dem Ende der Kette bis zum Sterigma, sie werden allmählich kleiner; anfangs ist dies sehr auffällig, später aber im Laufe der Kette nicht mehr merklich (Taf. I, Fig. 5 u. Taf. II, Fig. 5). Zwischen den

Sporen bleibt eine sehr kurze Brücke für einige Zeit erhalten, welche die Sporen zur Kette verbindet, sie verliert sich später mit dem Zerfallen der Kette, ohne dass die Sporen auch nur eine Spur davon behalten. Die Brücke ist ein kurzes Stück des Sterigmas, welches zwischen je zwei Anschwellungen bestehen bleibt, entweder für die Dauer wie bei Cystopus oder nur kurze Zeit wie hier und beim Aspergillus. Die Annahme einer besondern Membran, die ausser der eigentlichen Sporenmembran alle Sporen umhüllt und so eine Membranbrücke zwischen ihnen bildet, wie *Loew* meint, scheint mir nicht nöthig und unzulässig, weil die Sporen nur eine einfache Membran haben.

Die bis jetzt angeführten Beobachtungen und Beschreibungen sind nach Mycelien mässiger Ausdehnung und nach Fruchtträgern geringer Complication gemacht worden, es ist zur Vollständigkeit nothwendig, ihnen die üppigsten Bildungen und Verzweigungen und solche Fälle, die unter den Begriff der Krüppel fallen, gegenüber zu stellen. Die Formen beider lassen sich leicht studiren, da man ja in der Qualität der Nährlösungen das Regulativ ihrer Ausbildung in der Hand hat.

Ernährt man die ausgesäete Spore in sehr reicher concentrirter Lösung, so keimt sie schon mit vielen Keimschläuchen, diese verzweigen sich aufs reichlichste und bilden ein so dichtes Fadengeflecht (Taf. II, Fig. 9c), dass das Mycelium einer Haut ähnlich wird, die man als Ganzes wie eine starre feste Masse abheben kann. Der Dichtigkeit des Myceliums entspricht die Zahl der Aeste, die zur Fruchtbildung an die Oberfläche kommen (Fig. 9b). Sie stehen so dicht zusammen, dass sie mit ihren sporenabschnürenden Basidien eine förmliche Kruste bildend sich fast gegenseitig berühren, eine Eigenthümlichkeit des Pilzes, die *Linné* veranlasste, ihn Mucor crustaceus sehr treffend zu benennen. Die Mycelien wachsen mit ihrer peripherischen Ausdehnung auch in dem Reichthume der Verzweigung zunehmend gleich einer fest geschlossenen Masse nach Aussen fort. Die Fruchtträgerbildung (b) folgt schrittweise der Mycelvergrösserung (c) und ihre Masse gewinnt schliesslich das Ansehen eines mächtigen blauen Haufens, umrahmt von dem noch freien fortwachsenden Mycelrande. Soweit die Ernährung reicht ist das Wachsthum des Myceliums und die Bildung der Fruchtträger auf ihm unbegrenzt. Hie und da vereinigen sich bei ganz dichten Mycelien die Fruchtträger bündelweise und stellen so einen baumähnlichen

Pilz (Taf. VIII, Fig. 54) dar, dessen Stamm (a) von den verschlungenen aussergewöhnlich lang gewachsenen Fruchtträgern, dessen Krone (b) von den aneinander gedrängten zahllosen sporenbildenden Basidien gebildet ist. Diese Form des Penicillium, die nur die zufällige Folge üppiger Ernährung ist, hat *Link*[1]) als besondere Gattung angesehen und als Coremium glaucum beschrieben.

Anders steht es nun aber mit dem Pilze, wenn man ihm (gleich einem gefangenen Uebelthäter) die Nahrung aufs kümmerlichste zukommen lässt, oder wenn man sie ihm, was noch besser ist, im Beginn seiner Entwicklung langsam und schliesslich völlig entzieht. — Die Conidiensporen keimen noch in den ärmsten Lösungen, in einem Wasser, das nur minimale Spuren organischer Substanz enthält, die Spore sendet aber nur einen Keimschlauch aus, er ist dünner als sonst und wächst sehr langsam fort. Seine Verzweigung ist spärlich, erst nach vielen Tagen fördert das Zwergmycelium einen Zweig an die Oberfläche, der zum Fruchtträger wird und die gewonnenen Nährmittel zur Sporenbildung verbraucht (Taf. VIII, Fig. 51). In einzelnen Fällen gelingt es sogar, den einzigen Keimschlauch der Spore direct zum Fruchtträger werden zu sehen, nachdem er lange Zeit als Mycelium ein jämmerliches Dasein gefristet. Man könnte glauben, es wäre ein Fruchtträger direct aus der Spore gewachsen, doch lehrt die Entwicklungsgeschichte, dass dies nicht der Fall sein kann, dass derselbe Faden, den die Spore als Keimschlauch aussandte, als Mycelfaden weiterwuchs, und schliesslich seine Hülfsmittel im Interesse der Art zur Bildung weniger Sporen aufbot dadurch, dass er an seiner Spitze zum Fruchtträger wurde[2]). Etwas anders ist das Verhalten eines nicht zu grossen Myceliums, wenn man ihm langsam und vorsichtig den Culturtropfen entzieht, es aber im dunstgesättigten Raume belässt. Je langsamer das Wachsthum an den Spitzen durch mangelnde Nahrung fortschreitet, je mehr die Luft mit dem Mycelium in directe Berührung tritt, um so mehr gehen die Aeste des Myceliums in Fruchtträger über und um so näher rücken sie der Spitze (Taf. II, Fig. 7a). Endlich werden alle Aeste

---

[1]) *Link*, Observationes in ordines plantarum naturales S. 19. Ich will hier noch kurz bemerken, dass ebenso wie directe Beobachtung auch Culturversuche mit einzelnen Sporen des Coremium zeigen, dass dasselbe sogleich wieder gewöhnliches Penicillium bildet, wenn man es weniger ernährt.

[2]) Ich habe hier auf die Abbildungen verwiesen, wie sie von den Ascussporen des Penicillium herrühren, die wir erst später genauer kennen lernen werden. Die Bilder stimmen genau mit denen aus den Conidiensporen überein, die der Einfachheit wegen nicht extra gezeichnet sind.

und auch die Spitze des Mycelfadens zu Fruchtträgern, jeden weiteren Beweis ersparend, dass die Fruchtträger nicht besondere Bildungen des Myceliums sondern gewöhnliche Aeste desselben sind, die, wenn sie mit der Luft in directe Berührung kommen, ihr Längenwachsthum einstellen können, um dafür ihren protoplasmatischen Inhalt zur Sporenbildung zu erschöpfen (Taf. II, Fig. 7b).

Mit wenig Mühe kann man sich ein Bild der wechselnden Gestalt und Gliederung der Fruchtträger, wie sie je nach der Ueppigkeit auf den Mycelien erscheinen, verschaffen; es soll dies hier der Vollständigkeit wegen nicht unterlassen werden. — Im einfachsten Falle bei der kümmerlichsten Ernährung entsteht auf der Spitze des Fruchtträgers, der ganz unverzweigt bleibt, eine Basidie, die eine einzige Reihe von Sporen hervorbringt (Taf. II, Fig. 8, 1). Ich fand sie nur einige Male ganz allein, häufiger in Gesellschaft von mehreren Basidien, deren Zahl bis zu 6—8 hinaufsteigt (Fig. 8, 2). Diese Formen unverzweigter Fruchtträger sind Kunstproducte, die nur bei den vorsichtigsten Culturen gelingen. Der Regel nach verzweigt sich der Hauptfaden, der erste Seitenast wird immer, wie wir schon sahen, von der nächst unteren Gliederzelle unmittelbar unter der Scheidewand gebildet. Er stellt sich in der Zahl der Basidien[1], die bis auf 12—16 wachsen kann, gleich fruchtbar der Spitze der Hauptaxe an die Seite (Fig. 8, 3). Es können von derselben Gliederzelle noch 2—8 weitere Aeste angelegt werden, die alle die gleiche Länge wie die Hauptaxe erreichen und sie unkenntlich machen. Der Fruchtträger trägt in diesem Falle eine Rosette von Aesten an seiner Spitze, die alle in derselben Höhe inserirt sind, und jeder Ast endigt mit einer Rosette von Basidien in wechselnder Zahl (Fig. 8, 4 und 5). Auch auf diesem Punkte der Entwicklung bleiben nur wenige Fruchtträger stehen. Es ist gewöhnlich auch die zweite Gliederzelle fruchtbar. Der hier nur in der Einzahl, wiederum genau unter der Scheidewand entspringende Ast wächst bis zur Höhe der Axe, er theilt sich

---

[1]) Die Zahl der Basidien ist bisher nicht richtig gesehen worden, weil man die Präparate immer nur von einer Seite angesehen hat; sie ist viel grösser als es in seitlicher Ansicht scheint. Um sich mit Sicherheit von ihrer Zahl zu überzeugen, muss man die Fruchtträger möglichst von den Sporen befreien und aufrichten, so dass man von oben in sie hineinsehen kann. Dabei ist es natürlich der Uebung und der Routine des Beobachters vorbehalten sich vor Irrthum zu schützen, wie er leicht entstehen kann, wenn die Sporen nicht genügend entfernt oder zwischen die Basidien gefallen sind, wo sie von oben besehen das Ansehen der Basidie haben.

durch eine Scheidewand in eine End- und Gliederzelle, die letztere bleibt selten steril (Fig. 8, 6), bildet Seitenäste wie die Hauptaxe, wir bekommen also einen gegliederten Hauptfaden mit gegliedertem Seitenaste (Fig. 8, 7—9). Die Zahl der Glieder kann an beiden gleich (Fig. 8, 8) oder ähnlich (Fig. 8, 7 und 9) sein. Endlich vermag auch die dritte Gliederzelle des Hauptfadens auszutreiben und zu noch bedeutenderer Gliederung auszuwachsen wie der nächstobere Seitenast[1]) (Fig. 8, 10). Es ist Regel, dass die unteren Seitenäste, die in der Einzahl auftreten, in ihrer Stellung alterniren nach rechts und links, und dass sie um so reicher gegliedert sind, je tiefer sie an der Hauptaxe auftreten. Die Fruchtträger entwickeln sich centripetal im Gegensatze zu den Mycelien, die Spitzenwachsthum haben, wie schon *Loew* richtig erkannt hat. Ein Mycelfaden wird zum Fruchtträger, indem er an seiner Spitze zu wachsen aufhört und nun in seinen Segmenten von unten nach oben austreibt.

Erst jetzt sind wir in der Lage einen Vergleich anstellen zu können zwischen der Gliederung und Entwicklung eines Myceliums und Fruchtträgers von Mucor einerseits, soweit wir sie aus dem ersten Hefte der Schimmelpilze kennen und den jetzt geschilderten Vorgängen von Penicillium anderseits. Es ist dies aus mehrfachen Gründen nothwendig. Zunächst wird das Einzelne im weiteren Vergleiche besser verstanden und das Wesentliche erkannt, worauf Gewicht zu legen ist. Zweitens wird es sich zeigen, dass auch diese einfachen Organismen, die scheinbar nur aus einem Gewirr von Fäden bestehen, ebensogut nach bestimmten morphologischen Gesetzen aufgebaut sind als die höheren Pflanzen, dass ferner aus diesen Gesetzen tief greifende Unterschiede hervorgehen, die man bisher, wo man die Mycelien und den Aufbau der Fruchtträger weniger berücksichtigte, ganz übersehen hat und dass weiter mit diesen Unterschieden, die sich nach der angegebenen Culturmethode leicht feststellen lassen, zugleich ein vollkommenes Bild, ein richtiges Verständniss von dem Leben des ganzen Pilzes gewonnen wird[2]). Endlich drittens

[1]) Alle die Formen der Fruchtträger von Fig. 8, 2—10 sind aus verschiedenen Culturen entnommen von demselben Sporenmateriale. Sie sind, wie auch Coremium, zufällige Veränderungen nach der Ernährung ohne jede Constanz, wie ich in den zahlreichsten Culturen noch ausserdem festgestellt habe.

[2]) Untersucht man bei den Pilzen nur die Fruchtträger und nicht die Mycelien, so verfährt man wie ein Botaniker, der von den höheren Pflanzen nur den oberirdischen Theil berücksichtigt, sich dagegen um Alles, was in der Erde steckt, gar nicht kümmert.

werden wir daraus überzeugend erkennen, wie die früher genannten Mycologen, die Penicillium erforschen wollten, indem sie den einfachen sicheren Weg der Untersuchung verliessen, in Irrthümer gerathen sind, die geradezu ins Gebiet des Unbegreiflichen fallen.

Die Sporen von Mucor[1]) keimten nach starker Anschwellung mit der Bildung mehrerer Keimschläuche, die an Durchmesser der geschwollenen Spore gleich wurden und ihre Unterscheidung mehr nach der Lage, als durch ihre Grösse möglich machten. Der Inhalt der Keimschläuche bestand aus einem schäumigkörnigen Protoplasma mit grossen Vacuolen. Die Keimschläuche wuchsen zunächst in wenig abnehmender Dicke, die sich auf 0,0570 Mm. belief, zu einem verzweigten Mycelium heran. Die Zweige entstanden am Mycelium, durch seitliche Ausstülpungen der Fäden, deren Enden durch Spitzenwachsthum weiterwuchsen ohne alle Scheidewände, ohne jede Unterscheidung von Scheitel- und Gliederzellen. Die Seitenzweige nahmen sofort den Charakter der Hauptzweige an und bildeten in ihrem Verlaufe neue Auszweigungen, die wiederum Zweige höheren Grades durch Ausstülpung hervorbringen konnten, bis endlich ein grosses Mycelium aus zahlreichen durch und über einander gewachsenen Fäden entstanden war. Die Mycelfäden nahmen in ihren Verzweigungen erst allmählich an Stärke ab und endeten schliesslich als sehr feine Hyphen. Noch in diesem Stadium war das ganze Mycelium eine einzige Zelle ohne irgend eine Gliederung durch Scheidewände. Nun erst trat an dem ausgewachsenen Mycelium eine Aenderung im protoplasmatischen Inhalte ein, der dunkler und körniger wurde. Das Mycelium beschloss sein Leben, indem es in seiner Mitte einen grossen Fruchtträger bildete, in den der Inhalt des Myceliums hineinwanderte. Er wurde bis auf unverwendbare körnige Reste zur Ausbildung des Fruchtträgers verbraucht. Erst nach der Entleerung des Myceliums waren vereinzelte nachträglich gebildete Scheidewände vorhanden, es stellte nach Vollendung des Fruchtträgers eine leere Haut dar[2]).

---

[1]) *Brefeld*, Schimmelpilze I. Heft. Zygomyceten. Mucor Mucedo. Seite 11—13 und Taf. I, Fig. 1—3.

[2]) Die Mucorinen haben den Charakter von monocarpischen Pflanzen, wenn man den Verlauf von kleinen Mycelien sieht. Wesentlich anders stellt sich aber die Sache heraus, wenn man grosse Mycelien erzeugt oder vielmehr, wenn man die Mucorsporen (Mucor Mucedo z. B.) in unbegrenzte Nährlösung einbringt, hier entstehen Mycelien bis zu drei Zoll Durchmesser aus einer einzigen

Hiergegen sind die Formenverhältnisse, der Inhalt, die morphologische Gliederung bei Penicillium von der keimenden Spore an durchaus andere. Die keimende Spore mit ihren Keimschläuchen steht in der Grösse und Stärke der Fäden um das 7—8fache gegen Mucor zurück. Die Keimschläuche erreichen an Durchmesser nie die Keimspore, die immer erkennbar bleibt. Sie gliedern sich bald nach ihrer Geburt und wachsen durch Scheitelwachsthum der Endzelle fort. Von dieser werden durch seitliche Ausstülpungen Zweige gebildet, denen sich später eine zweite Reihe ganz gleicher Verzweigungen zugesellt, die ausschliesslich aus den Gliederzellen hervorgehen. Beide Formen der Seitenzweige wachsen nach dem Bildungsplane des Hauptfadens. Eine allmähliche Abnahme in der Stärke der Mycelfäden bis zur Fructification ist nirgends wahrzunehmen, die sämmtlichen Fäden sind im Gegentheile von ebenmässiger Dicke und der jüngst geborene Ast kommt gleich mit den Dimensionen seiner Mutterzelle zur Welt. Mit dem Beginn der Conidienbildung, die schon sehr früh am Mycelium eintritt, ist keine Veränderung an ihm sichtbar, noch auch die Bildung der Fruchtträger an irgend eine bestimmt ausgeprägte Entwicklungsphase desselben gebunden. Beliebige Seitenzweige des Myceliums, die an die Luft treten, beschliessen ihr Längenwachsthum und werden zu sporenabschnürenden Fruchtträgern. In Uebereinstimmung hiermit ist mit dem Beginn der Fructification kein Lebensabschnitt in der Entwicklung gekennzeichnet, noch sind die Fruchtträger besondere allein für den Zweck der Fructification vom Mycelium gebildete Organe, deren Ausbildung eine Erschöpfung resp. einen Lebensabschluss des Myceliums oder relativ begrenzter Myceltheile in sich schliesst, weil deren Protoplasma für

---

Spore, im Laufe von 5—8 Tagen. Die Fructification beginnt nicht ganz gleichzeitig, in der Mitte des Myceliums etwas früher wie am Rande, es kann sogar der Rand noch etwas weiter wachsen, wenn in der Mitte die Fructification im Gange ist. Es entstehen mit einem Male hunderte von Fruchtträgern und zwar in der Art, dass sich das Mycelium im Momente wo es fructificiren will in so viele Abtheilungen durch Scheidewände theilt, als Fruchtträger angelegt werden sollen. In jeder Abtheilung des Myceliums, die also durch Scheidewände begrenzt ist, wird nun ein Fruchtträger gebildet und dazu alles Protoplasma aus demselben genau so verbraucht wie aus einem kleinen Mycelium, welches nur einen Fruchtträger bildet. Es können nun durch mehrere Tage neue Fructificationen entstehen, wenn einige kleine Randparthien von derselben ausgeschlossen bleiben und weiter wachsen, bald aber fructificiren sie auch, wiewohl sie noch hinreichende Nahrung finden könnten zum Weiterwachsen. Ich deute hier diese Verhältnisse nur kurz an, sie werden bei der späteren Behandlung der Mucorinen eine speciellere Besprechung finden.

sie verwendet wird. Es bleiben mit der Fructification alle Theile des Pilzes lebensfähig und wachsen unbegrenzt fort soweit die Nahrung reicht, auf ihren Wegen immer neue zahlreiche Fruchtträger erzeugend, die oft in dichten Coremiumbündeln vom Mycelium sich erheben. — Vorzugsweise hierin, dass bestimmte scharf abgesetzte biologische Momente nicht im Leben des Penicillium zu unterscheiden sind, dass eine Trennung von vegetativem und fructificativem Leben hier nicht existirt, dass beide nebeneinander je nach der Nahrung unbegrenzt fortdauern, liegt, das mag hier nebensächlich angedeutet sein, die grosse Bedeutung und die zerstörende Kraft des Pilzes im Haushalte der Natur.

Uebersehen wir auf einmal den Lebensabriss beider Pilze, soweit er hier in Kürze angedeutet ist, so springt ihre grosse Abweichung von einander, der grundverschiedene Bildungsplan beider sofort in die Augen und lässt nicht den mindesten Zweifel bestehen, dass sie, auch wenn wir von ihrer weiteren Entwicklung nichts wüssten, soweit im Pilzsystem von einander stehenden Gliedern angehören müssen, wie etwa die Nadelhölzer, Mono- und Dicotyledonen.

Es dürfte hier am Schlusse des ersten Abschnittes der Arbeit gestattet sein auf eine Zeichnung (Taf. VIII, Fig. 52) hinzuweisen, die zur Illustration des Pleomorphismus den Zusammenhang von Mucor und Penicillium, wie er in der Natur vorkommt, darstellt: Penicillium (c) parasitisch lebend im Sporangium (b) von Phycomyces (Mucor) nitens[1].

---

[1]) Penicillium kommt vielfach auf grösseren Pilzen der verschiedensten Art vor. Hier lebt es im Sporangium des Mucor, vorzugsweise in seiner Zwischensubstanz; später werden auch die Sporen verzehrt. Man erhält Präparate dieser Art sehr leicht, wenn man üppige Mucorculturen, in die man von vornherein Penicillium mit ausgesäet hat, sehr lange im feuchten abgeschlossenen Raume stehen lässt. Es gelangen dann von selbst Penicilliumsporen auf die Sporangien des Mucor zu einer Zeit, wo deren Membranen bereits zerflossen sind. (Siehe Zygomyceten, Mucor Mucedo Seite 15 und 16). Sie bleiben in Folge dessen dort kleben, gelangen zur Keimung und dringen ohne Schwierigkeit mit ihren Keimschläuchen in die Sporangien ein. In ihrem Innern bilden sie ein Mycelium, welches auch in den Fruchtträger hinabsteigt und schliesslich aussen reich frutificirt.

V. Geschlechtliche Fortpflanzung von Penicillium und seine zweite ungeschlechtliche Generation.

In allen Fällen der Culturen von Penicillium, die wir bis jetzt kennen gelernt haben, kam dessen Entwicklung nicht über die Bildung von Propagationsorganen, von ungeschlechtlichen Fruchtträgern hinaus. Diesen Fällen schliessen sich mit gleichem Resultate alle früheren Beobachtungen an, die andere Mycologen, *de Bary*, *Tulasne* etc. gemacht haben, ferner eine zahllose Reihe weiterer Untersuchungen, die ich allein zum Zwecke der Auffindung der geschlechtlichen Befruchtung und der mit dieser verbundenen zweiten Generation des Pilzes unternahm. Es wurden Aussaaten von Conidiensporen auf alle erdenkliche Substrate, künstliche und natürliche, gemacht, der Pilz und sein Mycelium aufs sorgfältigste untersucht; es fand sich immer dasselbe, der ganz gewöhnliche Fruchtträger auf ihm vor[1]. Seine unveränderte Wiederkehr gab mitunter, wohl leicht erklärlich, der Vermuthung Raum, der Pilz könne entweder überhaupt nicht bis zur geschlechtlichen Differenzirung kommen, oder er habe unter veränderten Umständen im Laufe der Zeit die einst besessene Fähigkeit verloren. So sehr auch in gewissen Momenten die Versuche den Charakter vergeblicher Arbeit

[1]) Auch anderweitige Ideen, welche in den Grenzen der Möglichkeit lagen, wurden realisirt. So war es denkbar, dass erst nach langen Generationen ungeschlechtlicher Fortpflanzung eine geschlechtliche eintrete, dass man demnach bei der Aufsammlung von Sporen, die auf den verschiedensten Substraten, an den verschiedensten Stellen sich vorfanden, endlich einmal auf ein günstiges Material stossen könnte. Mit solchen Sporen nun, die von beliebigen Orten gesammelt waren, wurden weitere Versuchsreihen etablirt; — aber alle ohne irgend einen Erfolg.

annahmen, ihre weitere consequente Durchführung behielt bei jeder richtigen und gründlichen Ueberlegung die Oberhand.

Ich zog schliesslich von einem weit hergeholten Gedankengange Vortheil, der seinen Ursprung auf rein physiologischem Boden hat. Es war durch die vielseitig erschöpfenden Versuche nahegelegt, dass das Substrat nicht von allein massgebender Bedeutung auf den Verlauf der Entwicklung des Pilzes sein könne, ebenso einleuchtend war es auch, dass in dem Pilze selbst der Mangel einer geschlechtlichen Differenzirung nicht wohl zu suchen sei; um so wahrscheinlicher wurde es dagegen, dass ein dritter Factor, nämlich der Sauerstoff der Luft, eine besondere Rolle spiele. Die Lebensthätigkeit der Pilze steht unter dem directen Einflusse des Sauerstoffs der Luft, ebenso wie die der grünen Pflanzen. Von diesen unterscheiden sich die Pilze dadurch, dass sie die organische Nahrung nicht selbst in sich erzeugen, die zu ihrem Unterhalte nöthig ist, dass sie diese vielmehr als gegeben voraussetzen. Darum bedürfen auch die Pilze nicht des Lichtes zu ihrer Ernährung (wodurch ja mit Hülfe des Chlorophylls in den Blättern höherer Pflanzen die organische Substanz aus der Kohlensäure der Luft und Wasser erzeugt wird), sie bedürfen nur des Sauerstoffs der Luft und gegebener organischer Substanz, um ganz in Uebereinstimmung mit allen anderen Pflanzen durch einen lebhaften Oxydationsprozess, durch Respiration die nöthigen Kräfte zu gewinnen, die ihre Lebensthätigkeit bedingt. Wir besitzen also in dem mehr oder minder mangelnden oder stärker zutretenden Sauerstoff ein Regulativ, die Entwicklung bald in normaler Weise, bald in künstlich verlangsamtem Gange vor sich gehen zu sehen. Ebenso gibt uns der normale Verlauf der Entwicklung bei Penicillium in ungehemmtem Luftzutritte das Bild eines zu intensiven Lebensprozesses, der in seiner Beschleunigung eben nicht über die Bildung von Propagationsorganen hinauskommt. Wie mochte sich nun aber die Sache gestalten, wenn man der Luft resp. dem Sauerstoffe der Luft nicht mehr in so vollem Masse Zutritt gestattete? dies war die nächste Frage, die zu beantworten war. Ich hatte schon früher auf rein experimentellem Wege in dieser Art bei Eurotium Aspergillus glaucus eine so massenhafte Erzeugung von Perithecien[1]) mit fast gänzlicher Unterdrückung der Conidienträger zu Wege gebracht, dass hier etwas Aehnliches bei Penicillium denkbar war.

[1]) Ich werde hierüber später des Näheren referiren.

Es wurde zu den Versuchen ein Substrat gewählt, das schon früher bei den Zygomyceten vorzügliche Dienste geleistet hatte, von dem sich bestimmt annehmen liess, dass die Pilze, die auf ihm lebten, unter keinerlei Nahrungssorgen zu leiden hatten. Es ist das gewöhnliche, nicht gesäuerte grobe Brod. Ich besäete ein glatt abgeschnittenes Stückchen an seiner Unterseite an vielen Stellen mit beliebigen Penicilliumsporen und zwar in der Art, dass diese in einem Wassertropfen verbreitet behutsam mit einer flachen Nadel übertragen wurden. Ich bespritzte dann das Brod an den besäeten Stellen mit der Spritzflasche, damit die Sporen mehr ins Innere gelangen und in der grösseren Feuchtigkeit schneller und reicher auskeimen sollten. So vorbereitet legte ich das Brod mit der besäeten Seite auf eine glatte Unterlage, und sorgte dafür, dass auf dieser überall ein möglichster Anschluss des Brodes stattfand; sorgfältig bedeckt wurde die Cultur sich selbst überlassen. Nach Verlauf von etwa drei Wochen nahm ich das aussen ganz blau überzogene Brod von der Unterlage ab und bemerkte an seiner Unterseite hie und da in dem noch lebenskräftigen weissen Mycelium kleine Protuberanzen, die an anderen Stellen, wo sie sogar in kleinen Häufchen gesellig neben und übereinander sassen, noch deutlicher sich abhoben. Sie konnten von dem weissen Mycelüberzuge leicht befreit werden und entpuppten sich als feste harte Körper von nicht ganz runder Gestalt, in der Grösse und Farbe einem gelben Sandkorne ähnlich. Im Innern bestanden sie aus einem ganz normal gebauten farblosen Gewebe dickwandiger Zellen, wie man auf dünnen Querschnitten aufs deutlichste sehen konnte. Das Gewebe zeigte alle Eigenschaften pflanzlicher Cellulose und deutete zugleich in der starken Verdickung (Taf. IV, Fig. 20 u. 21) seiner Wände auf einen Ruhezustand hin, den die Pflanze, der sie angehörten, in dieser Gestalt angenommen haben musste. Diese Pflanze nun konnte aller Wahrscheinlichkeit nach keine andere sein als Penicillium selbst, da die Cultur durchaus rein und frei von anderen Pilzen geblieben war. Auch neue Versuche, die schnell in derselben Weise wiederholt wurden, bestärkten durch einen gleichen Befund diese Wahrscheinlichkeit, und da bei vielen anderen Pilzen in der Sclerotienform der Schlüssel zur weiteren Generation bekannter Massen gegeben ist, so war Grund vorhanden anzunehmen, dass dies auch in der gefundenen Dauerform für Penicillium der Fall sein könnte. Der sichere Beweis für diese Annahme war allein von einer vorsichtigen entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung der gefundenen Gegenstände zu erwarten,

deren nächste Richtungen von selbst gegeben waren. Es handelte sich in erster Linie um die Fragen: Wie sind die betreffenden Körper entstanden? sind sie das Product einer geschlechtlichen Zeugung? welches ist ihre physiologische Bedeutung? Zur Lösung dieser Fragen mussten sie auf ihren ersten Ursprung zurückverfolgt werden. Es waren zweitens die Fragen zu beantworten: Was wird aus ihnen? und wie kann der Beweis unumstösslieh gegeben werden, dass sie zu Penicillium gehören? Hier konnte der Erfolg nur durch vorsichtige weitere Cultur der fertig gebildeten Körper herbeigeführt werden.

Ehe ich an diese Aufgaben näher herantrete, darf ich nicht unterlassen anzuführen, dass einmal früher Sclerotien von Penicillium beschrieben worden sind und zwar um das Jahr 1840 von *J. H. Leveillé* [1]). Er fand kleine gelbe Körper, die er für Sclerotien nimmt, auf sehr alten Tamarinden, worauf sich Penicillium befand, zu dem er sie ohne weiteres rechnet. Ich lasse die betreffende Stelle unten folgen[2]) und überlasse dem Leser das Urtheil selbst, ob und in wie weit er die Annahme *Leveillé's* begründet findet. Mir ist es, auch nachdem ich die Bedingungen für das Auftreten der Sclerotien an Penicilliummycelien festgestellt hatte, niemals gelungen auf saurem Substrat, auf Früchten

---

[1]) *J. H. Leveillé,* sur les Sclerotium, Annales des Sciences naturelles 2. Serie Tome XX, 1843.

[2]) Chez un pharmacien de Paris, en regardant, il y a quelques années, un vase renfermant de la pulpe de Tamarin, nous vîmes que toute la surface était recouverte de Penicillium glaucum. Tout le monde sait avec quelle malheureuse rapidité cette petite cryptogame se développe sur les substances animales et végétales. Nous prîmes une portion de cette pulpe: elle était remplie de corps rouges, qui avaient la couleur des semences du tamarin. Dans le fond du vase, ils étaient réunis et formaient des masses irrégulières, lobées, rouges en dedans et en dehors; leur consistance était ferme et cassante. Ces tubercules, exposés à l'air, se couvrirent de Penicillium. Lavés et brassés à differentes reprises, ils donnèrent constamment naissance à la même plante; enfin, coupés par morceaux, le Penicillium se reproduisit encore, mais toujours à la surface externe, et jamais sur la chair même. Ces observations furent réitérées un grand nombre de fois, et toujours avec le même résultat. Nous fûmes alors dans la nécessité de considérer ses tubercules comme des Sclérotes qui servaient de couche au Penicillium glaucum, comme Battarra l'avait été autrefois de regarder la Pietra fungaia comme la souche du Boletus tuberaster, parce qu'en multipliant et en variant ses expériences, il n'avait jamais obtenu de cette prétendue pierre que la même espèce de Champignon. Il est vrai qu'on observe constamment le Penicillium glaucum sans le moindre vestige de Sclérote; nous ne devons donc voir dans ce fait qu'une exception, mais ce n'est cependant pas la seule Mucédinée qui soit dans ce cas.

jeglicher Art, auch Tamarinden Sclerotien hervorzubringen; vegetabilische Säure in grösseren Mengen wirkt einer normalen Entwicklung auch bei andern Pilzen entgegen.

Erinnern wir uns des Vorkommens der gefundenen Sclerotien (so will ich sie fortan kurz bezeichnen) in dem dichtesten Hyphengeflechte des Myceliums, so musste es fast unmöglich scheinen die ersten Anfänge an einem oder doch höchstens zwei Fäden in solchem Dickicht aufzufinden; ja es war geradezu absurd auch nur darnach zu suchen, da man ja vorher gar nicht wissen konnte, ob an den betreffenden untersuchten Stellen überhaupt nur Sclerotien sich bilden würden. Gleichwohl liess ich mich nicht davon abhalten wenigstens einen Versuch zu machen und legte mir daraufhin die Vorbedingungen klar auseinander, die als unerlässlich für einen Erfolg zuerst erfüllt sein mussten. Sie bestanden erstens in einer genauen Kenntniss darüber, wann, an welchem Tage die ersten Anfänge der Sclerotien, wie sie die Untersuchung erforderte, zu suchen sein würden, und an welchen Stellen des Myceliums dies geschehen müsse; zweitens in einer verbesserten Methode der Cultur durch die es möglich zu machen wäre, das Auftreten der Sclerotien an eben diesen Stellen mit Sicherheit vorhersagen zu können; weiter müsste dies Auftreten in solcher Masse herbeigeführt werden, dass einerseits die störende Conidienbildung unterbliebe, anderseits in der Masse alle möglichen Uebergänge vom ersten Anfange an gegeben wären, die eine Täuschung bei so kleinen Gebilden ausschlössen. Es mag mir gestattet sein hier zu bemerken, dass ich allein für diesen Punkt anderthalb Jahre unausgesetzt Penicillium (in Masse) auf Brod cultivirt habe, bis ich endlich eine so massenhafte Fruchtbildung zu Wege brachte, dass ein erheblicher Theil des Substrates zur Bildung der Sclerotien verbraucht sein musste, dass sie in Gestalt einer continuirlichen dicken Kruste zu Tausenden die ganze Oberfläche des Brodes bedeckten. Vielleicht wird es nicht ohne Interesse sein einen Augenblick bei den Schwierigkeiten zu verweilen, die hier zu überwinden waren. — Wie schon früh ermittelt wurde, fällt die Zeit, wann die Sclerotien mit blossem Auge erkennbar werden, auf den neunten bis zehnten Tag nach der Aussaat, im Winter ein bis zwei Tage später. Wie weiter bald erkannt werden konnte, ist die üppigste vegetative Entwicklung des Myceliums eine absolute Nothwendigkeit für ihre Bildung. Diese beiden Thatsachen fassten also die Förderung in sich, die Mycelien diese lange Zeit hindurch ungestört zum Höhepunkte ihrer Entwicklung

zu führen und erst dann in dieser Zeit den Zutritt des Sauerstoffes zu vermindern. Nun zersetzen sich aber bekannter Massen alle Substrate durch Gährung oder Fäulniss dann, wenn sie feucht sind, wie es hier nothwendig ist, schon nach 4—5 Tagen und hierin liegt wohl mit der Grund, wesshalb Penicillium in allen bisher beobachteten Fällen niemals in Sclerotienbildung getroffen ist. Es mussten also Hefe und Bacterien ausser Wirkung gesetzt werden, die fast überall und gar erst im Brode (auch dem gut durchgebackenen) immer noch vorhanden sind oder unvermeidlich bei dem Ansetzen der Cultur hineinkommen. Dies Geheimniss erkannte ich erst nach zehnmonatlichem vergeblichen Cultiviren, bei dem ich immer noch von dem Irrthume befangen war, in dem Brode selbst, in seiner physikalischen Beschaffenheit etc. liege die Ursache mangelhafter oder stellenweise totaler Missärnte. Es kommt alles darauf an, den Feuchtigkeitszustand des Brodes geschickt im Einklange mit der Kenntniss der Entwicklung des Pilzes zu regeln. Ist das Brod im Anfange nur über einen gewissen Punkt hinaus feucht, so treten bald Hefe und Bacterien in Wirkung, es bilden sich Säuren, und Penicillium kann nicht gedeihen wie es soll; es geschieht dies aber nicht, wenn man das nöthige Wasser nicht sogleich, sondern je nach Bedürfniss anfangs wenig und dann allmählich mehr zusetzt. Es dauert 2—3 Tage, bis Penicillium ein kleines Mycelium bilden kann und nun erst wasserbedürftiger wird, während für die ersten Tage einige Tropfen ausreichen, die man aus der Spritzflasche auf die besäeten Stellen fallen lässt. Die Culturmethode wurde in Berücksichtigung aller angegebenen Umstände ohne Mühe ausgeführt. Ich besäete in der früher beschriebenen Weise beide Seiten glatt abgeschnittener etwa $\frac{1}{2}$ Zoll dicker Stücke frischen Brodes, liess einige Tropfen destillirten Wassers darauf fallen und einsaugen. Mit dem dritten Tage wurde dem frei unter einer Glocke liegenden Brode des Morgens und Abends erst eine gelinde, an den folgenden Tagen allmählich gesteigerte Bespritzung zutheil, dabei öfters umgedreht, dass das Wasser sich gut vertheile. Am sechsten bis siebenten Tage, je nach der Wärme der Jahreszeit, trat die Entwicklung des Myceliums mit solcher Energie ein, dass die ganze Luft der Glocke erwärmt wurde und die Temperatur des Brodes auf 35° R. stieg. Nun erst, ehe noch die Bildung der Conidienträger erkennbar wurde, klemmte ich das Brod zwischen zwei Glasplatten ein, um dadurch den Luftzutritt und die Erzeugung des gewöhnlichen Penicillium zu behindern. Es erschöpfte sich der grösste Theil der Mycelien, ganze Strecken

ausschliesslich, in Sclerotien, die nun vom ersten Momente ihrer Entstehung an bis zur völligen Ausbildung in grossen Massen zu ärnten waren.

Mit dem siebenten Tage zeigen sich die Anfänge der Sclerotien; sie sind durch die verdeckenden Glasscheiben hindurch mit zwanzigfach vergrössernder Lupe in Gestalt weisser Flöckchen mit Leichtigkeit zu finden. An günstigen Stellen gelingt es sie abzunehmen; doch sind sie schon zu weit entwickelt für die allerersten Stadien, die man natürlich nicht sehen kann und welche beim Abheben der Fäden durch unvermeidliche Verwirrung unkenntlich werden. Dem Uebelstande abzuhelfen und zugleich auf einmal viele Zustände zu haben, führte ich mit einem sehr scharfen Messer, dessen Schnittfläche ganz flach aufgelegt und horizontal in einer Ebene geführt werden konnte, möglichst dünne Flächenschnitte aus, entfernte die Luft und färbte die Schnitte mit Anilin. Es hat die Eigenschaft grade die jungen Sclerotienanlagen besonders dunkel zu färben und scharf in dem Geflecht von Fäden, das in den feinen Schnitten einem mässig verzweigten Mycelium glich, hervortreten zu lassen. Die ersten Zustände, welche ich unterscheiden konnte, bestehen aus einem schraubenförmig gewundenen Körper, der einem etwas dicken reich gegliederten Mycelfaden aufsitzt. Die Windungen des Körpers sind deutlich aus zwei verschieden schlauchförmigen Zellen gebildet (Taf. III, Fig. 10). Diese sind dicker wie gewöhnliche Mycelfäden und neigen, da sie sich in entgegengesetzter Richtung verschlungen haben, ihre Spitzen nach 1—1½maliger Umdrehung gegen einander. Ich muss es dahin gestellt sein lassen, ob eine Verschmelzung beider Zellen, eine Copulation eintritt oder nicht, ebenso auch die zweite Frage, ob die zu einer kurzen Schraube verschlungenen zwei Zellen an einem und demselben Faden wie es ganz den Anschein hat, oder an zwei verschiedenen entsprungen sind. Es ist dies desshalb nicht festzustellen, weil man nicht einen einzigen Faden wie bei Eurotium, Ascobolus und Gymnoascus[1]) etc. vor sich hat, den man beliebig drehen kann, um die Lücken in der Beobachtung einer Ansicht durch vielseitiges Ansehen zu ergänzen, sondern hier ein Geflecht von Fäden vorliegt, welches man durch

---

[1]) *De Bary* und *Woronin:* Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze III. Reihe, *de Bary:* Eurotium.
Beiträge IV. Reihe *Woronin:* Ascobolus pulcherrimus.
Baranetzky: Botanische Zeitung 1872, No. 10, Entwicklungsgeschichte von Gymnoascus.

Drehen verwirrt, an dem jede Präparation unmöglich ist, zumal man nicht einmal bei 300facher Vergrösserung die kritischen Stellen deutlich sehen, viel weniger mit dem Präparirmikroskop unterscheiden kann; doch ist die Entscheidung dieser Punkte von untergeordneter Bedeutung, die unzweifelhafte Uebereinstimmung des gefundenen schraubenförmigen Körpers mit den genau untersuchten Geschlechtsorganen bei Eurotium von *de Bary*, der massgebenden Arbeit über die geschlechtliche Befruchtung bei den Ascomyceten und den geschlechtlichen Ursprung der Perithecien, und denen von Gymnoascus von *Baranetzky* ist vorläufig ausreichend, zumal es erwiesener Massen nicht nothwendig ist, dass zum Zwecke der Befruchtung eine wirkliche Copulation der Geschlechtszellen erfolgt. Wir werden wissenschaftlich berechtigt sein, den einen Theil der gefundenen Schraube als den männlich fungirenden als Pollinodium, den anderen als den weiblichen als Ascogon aufzufassen, wenn der Beweis beigebracht werden kann, dass mit ihnen die Hauptfunction der Geschlechtsorgane, eine Befruchtung verbunden ist. Der Beweis ist nur dadurch möglich, dass unzweifelhaft gezeigt wird, dass als Folge vollzogener Befruchtung eine der Zellen der Schraube alle die Functionen übernimmt, die wir von einem befruchteten weiblichen Organe zu fordern berechtigt sind. Sie bestehen darin, dass dem weiblichen Organe die Fähigkeit übertragen wird, zu einem neuen Individuum, zu einer neuen Pflanze heranzuwachsen, die dann als Product einer geschlechtlichen Zeugung anzusprechen ist. Kurz gesagt, es muss die neue Pflanze, die später mit der zweiten der ungeschlechtlichen Sporengeneration bei den Pilzen wie bei allen Pflanzen endet, in ihrer allmählichen Entwicklung direct von dem Ascogon, der befruchteten weiblichen Zelle hergeleitet werden. Es soll hier lückenlos geschehen.

Bald nach der Verschlingung der Geschlechtsorgane, welche in ihrer Gestalt mehr denen von Gymnoascus als von Eurotium ähnlich sehen, beginnt ein Theil der Schraube, und diesen müssen wir für das Ascogon halten, als Zeichen stattgefundener Befruchtung auszuwachsen, Schläuche zu treiben, die an Durchmesser und Inhalt der Mutterzelle durchaus ähnlich sind (Taf. III, Fig. 12 und 13aa). Während dies geschieht leitet gleichzeitig der Faden, auf dem die Geschlechtsorgane sitzen, offenbar in Folge der Befruchtung eine reiche Zweigbildung

(Taf. III, Fig. 11—13bb) ein. Das Wachsthum dieser Fäden, die wir im Gegensatze zum austreibenden Ascogon, sterile Fäden nennen wollen, ist ein auffallend schnelles. Das Ascogon wird von ihnen umwachsen und umschlossen, das Ganze stellt in diesem Zustande einen Fadenknäuel dar (Taf. III, Fig. 13), der einer directen Beobachtung zum Aufschlusse über seine innern Vorgänge in den nächsten Stadien schon nicht mehr zugänglich ist. Wenn man ihn aufhellt mit Glycerin oder Ammoniak, auch Kalilösung, so sieht man nur ein Geflecht von Fäden. Eine strenge Unterscheidung in diesem Geflechte ist wegen seiner Dichtigkeit nicht leicht möglich und diese Dichtigkeit resultirt aus dem unglücklichen Zustande, dass das sogleich auswachsende Ascogon mit seinen Fäden in die Verschlingung des Ganzen sofort eingeht. Hier liegt die Schwierigkeit der weiteren Untersuchung, in der man sich ganz unmöglich zurechtfinden kann, wenn man nicht die allerersten Zustände erklärend zu Hülfe hat.

Bei Eurotium, Ascobolus etc. ist die Sache wesentlich anders und einfacher. Es bleibt das befruchtete Ascogon in ganz unveränderter Gestalt liegen[1]) bis die sterilen Fäden, die sich bald zum Gewebeverband schliessen, um dasselbe ein Perithecium gebildet haben. Hier kann man durch blosses Aufhellen mit Kalilösung den ganzen Geschlechtsapparat unverändert in der Cupula liegen sehen, bis sie fertig ist[2]). Da nun viele vergebliche Versuche bei Penicillium die Aufklärung des Ganzen unmöglich erscheinen liessen, so blieb nur ein Weg offen die Untersuchung über diese Klippe hinwegzuführen, nämlich die jungen Sclerotien zu durchschneiden, um an günstigen Schnitten zu untersuchen, was an dem intacten Ganzen nicht gesehen werden konnte. Die Aufgabe war nicht eben leicht, da die jungen Zustände sehr klein und dabei noch weich sind. Ich schnitt in mehrfach erneuten Anläufen wochenlang und das Ende der mühe-

---

[1]) *De Bary:* Eurotium und Erysiphe. Beiträge. III. Theil, Taf. 1 und 2.
Janczewski: Bot. Zeitung 1871, No. 17 und 18. Ueber Ascobolus furfuraceus.

[2]) Es ist somit ein Irrthum gewesen, wenn ich in den jungen Sclerotien-Anlagen eine Schraube zu sehen vermeinte, wie ich in der vorläufigen Mittheilung in der Botanischen Zeitung angab. Die Vermuthung nach einer solchen Schraube war durch andere in der weiteren Untersuchung hervortretende Analogien mit Eurotium nahegelegt und nach manchen Bildern konnte man auf eine Schraube im Innern schliessen, Schlüsse, die aber vor schärferer Kritik, die ich aus der Fülle, aus Tausenden von Schnitten schöpfte, nicht bestehen bleiben konnten und die sofort umsanken, als endlich ein Zurückgehen zu jüngeren Zuständen möglich wurde.

vollen Arbeit war, dass ich auch hier nichts deutlich unterscheiden konnte. Zwei Umstände waren Schuld an diesem Misserfolge. Einmal waren die Schnitte nicht gut von gewünschter Qualität herzustellen, es musste ja eine Mittellamelle herausgeschnitten werden, die nach der Entfernung des beiderseitigen sterilen Geflechtes, eine Ansicht und Durchsicht desjenigen Theiles geben konnte, in dem sich das Ascogon befand. Dann behielten zunächst die constituirenden Theile des auswachsenden Ascogon und die sterilen Fäden beide die Fadengestalt bei und erschwerten ihre Unterscheidung noch um so mehr, als sie einen höchst fatalen glänzenden Inhalt führten, der ein Hineinsehen ins Innere förmlich abschnitt. Behandelte ich die Schnitte mit concentrirter Kalilösung, so schrumpften die Fäden ein, und mit dünner Lösung liess sich der Inhalt nicht merklich beeinflussen. Es wurden dann Alkohol, Aether, Essigsäure, kurz die besten Reagentien der Reihe nach und schliesslich alle gleichzeitig ins Feld geschickt, der Inhalt blieb und damit die Ansicht eine trübe. Die Untersuchung war bedroht an dieser Stelle eine Lücke zu behalten; sie wurde dennoch ausgefüllt als mich das verbesserte Culturverfahren in den Besitz eines zu verlockenden Materials setzte, um nicht noch einen Angriff zu machen. Ich schnitt in der geeigneten Zeit dicke Brocken von dem Brode, die fast nur aus jungen Fruchtträgern in allen Stadien der Entwicklung bestanden, durchtränkte sie ganz allmählich mit Gummiglycerin und liess sie trocken werden. Zwischen Hollundermark liessen sie sich in die feinsten Lamellen zerlegen und zwar ohne jede Verletzung. In der Masse von Schnitten konnte es an den gewünschten nicht fehlen, sie gaben zumal nach einem kurzen Aufenthalte in verdünnter Salzsäure Bilder von unzweifelhafter Klarheit.

Das Ascogon hatte, wie wir vorhin sahen, in der Zeit wo es in die sterilen Hyphen vergraben wurde, schon Aeste zu treiben begonnen (Taf. III, Fig. 12 und 13aa). Es lässt sich vermuthen, dass in etwas weiter entwickelten Zuständen die Verzweigung vorgeschritten ist, dass wir also auf einem geeigneten Durchschnitte das Ascogon in Gestalt einer verzweigten Hyphenmasse in der Mitte des sterilen Geflechtes vorfinden müssen. Der Thatbestand weicht kaum von der Vorstellung ab. Im Innern eines dichten Hyphengeflechtes (Taf. III, Fig. 14b), welches sich nach Aussen deutlich in der Fülle von Mycelfäden (c) abgrenzt, liegt das Ascogon (a) auf den ersten Blick unterscheidbar durch die Stärke seiner Fäden. Es ist in seiner Verzweigung schon soweit gediehen, dass

wir im Stande sind nicht nach blossem Ansehen, sondern nach bestimmten morphologischen Principien seine Verschiedenheit gegen das sterile Geflecht (b) zu begründen. In letzterem sind die Hyphen dünn, von 0,0030—0,0040 Mm. Dicke, aufs reichlichste verzweigt ordnungs- und regellos durch einander geflochten, in jedem Momente die Richtung ändernd, die höchstens auf die doppelte Weite des Durchmessers zu verfolgen ist; ausserdem sind die Fäden reich von Querwänden durchsetzt. Die ascogonen Fäden haben dagegen fast die doppelte Dicke = 0,0050—0,0070 Mm. Die Scheidewände fehlen, soviel sich beobachten lässt, in den Verzweigungen, sie sind nicht ordnungslos gewunden und verflochten, sondern auf weiten Wegen verfolgbar in schräger oder gerader Richtung der Peripherie zugewendet. Sichtbar dringen die ascogonen Fäden, in dem Maasse als sie weiterwachsen, in die Interstitien des sterilen Geflechtes ein, wobei, da hier die Zwischenräume ihrer Ausdehnung nicht entsprechen, an den nächst berührten Stellen ein Zusammendrücken desselben erfolgen muss. Das sterile Geflecht hat ausserhalb der ascogonen Fäden eine Mächtigkeit von 8—16 Hyphenlagen je nach der Ueppigkeit. Wir müssen dies berücksichtigen, um die Art der Vergrösserung der Sclerotien richtig zu deuten. Die Grösse der hier gezeichneten Sclerotien beträgt etwa 0,055—0,097 Mm.; bis zum fertigen Zustande, dessen Durchschnittsmaass sich auf 0,570 Mm. beläuft, müssen also die Elemente, wie sie jetzt vorhanden sind, um das 6—10fache zunehmen, oder es muss eine weitere Verzweigung oder Auflagerung von sterilen Hyphen erfolgen. Wenn wir vorgreifend einen Blick auf die fertigen Zustände der Sclerotien (Taf. IV, Fig. 20) werfen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die erste der Möglichkeiten hier allein zutrifft, das seine Vergrösserung des Sclerotiums von der Zeit an, wo die sterilen Fäden eine 8—16fache Dicke gebildet haben, nur durch Ausdehnung der vorhandenen Elemente zu Stande kommt. Wir können nun den ersten Vorgang am jungen Sclerotium nach eingetretener Befruchtung so fassen: das Ascogon wird von einer Fülle von sterilen Fäden eingehüllt, bis diese es in 8—10facher Lage umkleiden, während es selbst gleichzeitig durch zahlreiche Zweigbildung in das Geflecht der sterilen Hyphen und zwar in seine kleinen Zwischenräume hineinwächst. Ob nun die Enden der sterilen Fäden über den Fruchtkörper hinauswachsen und ihn von allen Seiten ernähren, oder ob sie eine geschlossene Lage bilden und die Ernährung nur durch die Mutterfäden allein geleitet wird, vermag ich nicht zu

sagen. Es ist rein unmöglich, die am Umfange reichlich vorhandenen Fäden (Taf. III, Fig. 14—17c) auf die Randfäden des Sclerotiums ursprünglich zurückzuführen, welche gerade besonders dicht verflochten sind. Unverletzt nach der Färbung mit Anilin besehen stellen die Sclerotien ein abgerundetes Ganzes dar, und es ist wenigstens möglich, dass nur die Fäden des benachbarten Myceliums um sie herumwachsen.

In den nächsten Zuständen, die sich den letzt betrachteten als Fortschritt in der Entwicklung anschliessen, ist die äussere Vergrösserung an der Erweiterung der inneren Elemente schon unverkennbar zu sehen (Taf. III, Fig. 15, 1). Die sterilen Hyphen (b) haben die noch zwischen ihnen vorhandenen Interstitien fast völlig ausgefüllt und sich, soweit es mit dem Fortwachsen der ascogonen Hyphen (a) in der Raumverengung möglich wurde, zwischen diese eingedrängt. Man geräth bei der Ansicht des Schnittes schon in Schwierigkeit, ob man das sterile Geflecht, indem auch die Scheidewände mit der Erweiterung zuzunehmen scheinen, noch für ein solches seinem Ursprunge gemäss nehmen oder nicht schon als ein Gewebe von Zellen auffassen soll. Ein weiteres Auswachsen der ascogonen Fäden ist nicht anders als unter grossen Schwierigkeiten und zwar dadurch denkbar, dass ein sehr starkes Zusammendrücken der betroffenen sterilen Hyphen erfolgt. Gehen wir nur einen Schritt weiter in der Entwicklung, so ist die Bildung des Gewebes durch vollkommenen Zusammenschluss der Hyphen erfolgt (Taf. III, Fig. 16 und 17), das Gewebe besteht aus den Gliedertheilen der Fäden. In seiner Mitte verlaufen die Fäden des Ascogons (a), die nun nicht mehr durch ihre Grösse, vielmehr allein durch den fadigen Verlauf in einem pseudoparenchymatischen Gewebe (b) gekennzeichnet sind; ich will sie aus Zweckmässigkeitsgründen als ascogone Hyphen fortan bezeichnen. Sie vermögen in dem Gewebe nicht weiter vorzudringen, es würde sonst eine Zerstörung desselben eintreten und sichtbar sein müssen, welche nicht jetzt, sondern erst in einem viel spätern Stadium vor sich geht. Die Grösse der Zellen ist schon bald mit der Entstehung des Gewebes an den verschiedenen Stellen des Sclerotiums ungleich (Taf. III, Fig. 17, 1). Es sind diejenigen Zellen kleiner, die in der Umgebung der ascogonen Fäden (a) liegen, weil die früheren Hyphen (b) hier stark gedrückt wurden durch das Einwachsen derselben. Zu diesen schon früh hervortretenden Grössenunterschieden treten beim weiteren Wachsthume neue Gestaltveränderungen an andern Stellen hinzu. Alle Theile des sterilen

Gewebes nehmen an Ausdehnung zu, aber in bestimmten Partien, in verschiedenen Zonen in ganz verschiedenem Grade. Die im centralen Theile zwischen den ascogonen Fäden vorhandenen sterilen Zellen dehnen sich in geringerem Grade aus als die aussen gelegenen. Sie führen die ascogonen Fäden weiter aus einander, wobei diese nach Bedürfniss in die Länge wachsen; die um die Fäden zunächst liegenden Zellen, von vorn herein beim Eindringen der Fäden beengt, bleiben an Grösse am meisten zurück. Dagegen ist das Wachsthum der Zellen am stärksten in der Zone, die zwischen den peripherischen Lagen und dem centralen, von den ascogonen Fäden durchsetzten Theile, also an den Stellen sich befindet, wo diese nach aussen aufhören; es scheint übrigens hier, wie auch in der Mitte, ausschliesslich in der Vergrösserung der Zellen ohne eine weitere Theilung derselben zu bestehen. Durch dieses starke Wachsthum im Innern werden die peripherischen Theile unter einen Druck gebracht, der in radialer Richtung wirkt. Sie folgen dem Drucke durch Vergrösserung, welche aber hier mehr in tangentialer Richtung vor sich geht, und mit welcher, wie ich der Zahl und Ordnung nach glauben möchte, eine nachträgliche Theilung der Zellen verbunden sein kann. Im Gegensatze zu dem sterilen Gewebe nehmen die ascogonen Fäden nicht an Grösse zu, sie wachsen nur mit dem angrenzenden Gewebe in die Länge. So haben wir also (Taf. III, Fig. 17 und 18), wenn wir von Aussen nach Innen auf einem Querschnitt gehen, zunächst 5—8 Zelllagen tangential gestreckter Zellen, diesen folgen weitere, die bei 3—4facher Grösse eine isodiametrische Form besitzen, dabei aber etwas radial gerichtet sind, sie werden durchsetzt von den ascogonen Hyphen, deren jede von einer bis mehreren Lagen kleiner Zellen umgeben ist. Die Hyphen sind auch jetzt noch, soweit ich nach einer grossen Auswahl von Präparaten urtheilen kann, ungegliedert. Doch weiss ich nicht, ob man das ganze System von Fäden, wie es vom Centrum aus schräg oder radial nach der Peripherie verläuft, um dort in seinen Spitzen blind zu enden, als eine Zelle betrachten kann, da ich ja nur Theile des Ganzen in den Schnitten durchmustern konnte.

Die beschriebene Ausdehnung der Elemente schreitet fort, um an einem Punkte einem anderen Wachsthumsvorgange Platz zu machen. Beide gehen unmittelbar in einander über. In dem Momente, wo eine weitere Vergrösserung der Zellen aufhört, beginnt die Verdickung ihrer Membranen (Taf. III, Fig. 18), das Reifen der Sclerotien. Es fällt dieser Zeitpunkt

durchschnittlich auf den 5—6. Tag nach ihrer ersten Anlage; wir können also im Allgemeinen sagen, dass 12—14 Tage nach der Sporenaussaat von Penicillium ausgewachsene Sclerotien auf der Cultur vorhanden sein müssen, wenn deren Bildung überhaupt eingetreten ist. Die ersten Zeichen der Verdickung zeigen sich gleichzeitig an zwei Stellen, an der Peripherie in einer bestimmten Zelllage der tangential gestreckten Zellen und im Innern in den ascogonen Fäden selbst (Taf. III, Fig. 18ac). Nach Aussen ist sie mit einer Färbung der Membranen ins Gelbliche verbunden und bezeichnet zugleich die äussere Grenze des Sclerotiums. Es bleiben nämlich mehrere Zelllagen, die zu äusserst liegen, von der Verdickung ausgeschlossen und werden in Folge der Verdickung mitsammt der fadigen Hülle, die entweder andere Pilzfäden um sie gebildet oder die von der Aussenfläche des Sclerotiums selbst entstanden sein können, beim Beginn der Verdickung unter ihnen in dem Zusammenhange mit dem Sclerotium gelockert und später ganz abgestossen (a). Dies beweist anderseits aufs deutlichste, dass mit dem Reifen eine weitere Nahrungsaufnahme nicht mehr verbunden ist, dass vielmehr der Substanzaufwand der Verdickung aus dem Inhalte der Zellen allein bestritten wird. Im Zusammenhange hiermit strotzen sie dann auch im Beginn des Reifens von dem reichsten Inhalte, von einem fast körnchenfreien homogenen Protoplasma. Sein eigenthümlich starkes Lichtbrechungsvermögen hindert leicht eine klare Einsicht der Dinge. Sie ist nur auf Schnitten möglich, die eine Zelllage oder nur einen Bruchtheil derselben getroffen haben. Ich habe einen Schnitt dieser Art, an dem wohl nur ein gelinder Faltenwurf der noch zarten Membranen durch unvermeidlichen Druck beim Schneiden die einzige Abweichung von dem natürlichen Zustande sein dürfte, in Fig. 18 dargestellt.

Es ist von selbst klar, dass mit einer Grössenzunahme der Sclerotien um das 6—10fache und mit der Feinheit der Schnitte ein Längsverlauf der ascogonen Fäden seltener und auch dann nur auf kürzeren Strecken zu sehen sein wird, dass die Präparate aber um so reicher an Quer- und Schrägschnitten derselben sein müssen. Sie fallen sogleich auf durch ihre Lage und Umgebung als Centren kleiner Zellgruppen (Taf. III, Fig. 18a), deren Grösse und Form im Vergleich zur Umgebung nach dem Frühergesagten von selbst verständlich ist. In den ascogonen Fäden (a) hat die Membranverdickung begonnen, um nun von ihnen als Entwicklungscentren nach der Peripherie fortzuschreiten. Dasselbe ist aussen

in den tangentialen Lagen (c) der Fall; hier sind in centripetaler Richtung, also nach Innen gehend, mehrere Zelllagen von der Verdickung erfasst und Alles, was von Gewebselementen und Fäden (d) ausserhalb liegt, ist collabirt und an einzelnen Stellen durch den Schnitt abgelöst. Die Verdickung der Zellen trifft, weil sie von zwei Stellen in entgegengesetzter Richtung fortschreitet, schliesslich in der Mitte des Sclerotiums zusammen. Sie dauert so lange fort, bis der Inhalt der Zellen fast vollständig verbraucht ist und nimmt bis zur Vollendung 6—8 Tage in Anspruch. Ihr Ende wird auf den Culturen auch dem unbewaffneten Auge in schlagender Weise kund gethan. Es reisst nämlich die äussere weisse Hülle (d) in vielfachen Rissen auf und das farbige Sclerotium, glänzend in heller Farbe, tritt zu Tage. Seine Oberfläche ist rauch und uneben, ihr sind die Formen der peripherischen Zelllagen, die abgeworfen wurden in Form von Berg und Thal eingedrückt, und hie und da haften noch kleine Membranvorsprünge (Taf. IV, Fig. 20—24), die etwas von der Membranverdickung mit bekommen haben. Sie sind in der Masse sehr verschieden an Form und Grösse, je nachdem sie vereinzelt oder in grosser Gesellschaft gefunden werden. Dort sind sie von auffallender Grösse bis 0,870 Mm., hier klein = 0,1650—0,2300 Mm. und in dem dichten Gedränge oft mannichfach verwachsen (Taf. IV, Fig. 19ab). Die Verwachsungen treten schon früh in der Jugend zwischen den Elementen des sterilen Geflechts (Taf. III, Fig. 15, 4 und 17, 2) ein, sie sind wohl anfänglich nur ein Verflechten der sterilen Fäden, die später, wenn ihre Elemente sich so mächtig dehnen, zu Verwachsungen werden. Es können in dieser Weise 2—10 Fruchtkörper mit einander verschmelzen (Taf. IV, Fig. 19b). Auf Querschnitten enthält jedes Sclerotium seinen besonderen Embryo, dessen Fäden mit dem Vordringen sich begegnen und sogar übereinander hinaus wachsen können (Taf. III, Fig. 15, 4 und 17, 2). Sehr auffallend ist an den Sclerotien ihre Härte und Festigkeit; man ist kaum im Stande sie zu zerdrücken, doch lassen sie sich mit Leichtigkeit in die dünnsten Schnitte zerlegen, die das Endresultat der Membranverdickung zeigen. Sie ist am stärksten in den tangentialen 2—3 Zelllagen (Taf. IV, Fig. 20—24a), die gelb gefärbt sind in der Farbe des Korkes der höheren Pflanzen. Die gelben Lagen umfassen das Innere, das weiss ohne jede Färbung ist[1]). Seine Elemente sind überall stark verdickt, doch nicht so, dass wir sie

---

[1]) Ich bitte die hier gegebene Beschreibung mit der von den Sclerotien *Leveillé's* zu vergleichen.

nicht ohne Mühe wieder erkennen könnten, vornehmlich die Rosetten und Stränge kleiner Zellen (Taf. IV, Fig. 20—24cc) in dem grossmaschigen Gewebe (b), deren Unterscheidung für die fernere Untersuchung von grosser Bedeutung ist, da sie ja in ihrer Mitte die ascogonen Fäden enthalten. In Beziehung auf ihre Zahl. Anordnung und Verbreitung im Sclerotium verhält sich jedes von dem andern verschieden (Taf. IV, Fig. 20—24) bedingt durch die Nebenumstände, ob sich das Ascogon nach der Befruchtung reich oder nur wenig verzweigt hat, ob der Geweheschluss etwas früher oder später zu Stande kam und dadurch das weitere Vordringen der ascogonen Aeste gehindert wurde. Nur selten sind ihre Spitzen bis nahe zu der gelben Hülle gelangt; ich fand vereinzelt eine Rosette, zwei Zelllagen von ihr entfernt, während der Regel nach 5—6 Lagen dazwischen sind. Eine bestimmte Orientirung über Spitze und Ende ist am Sclerotium unmöglich und ebenso wenig auch eine Richtung anzugeben in der die Fäden verlaufen. Ich habe den Versuch zu machen nicht unterlassen, aus der Reihe aufeinander folgender Schnitte die Gestalt und Lage des ascogonen Fadencomplexes im Sclerotium zu construiren, doch ohne rechten Erfolg; die Vorstellung, dass seine Aeste unregelmässig nach allen Richtungen aus einem Centrum, dem früheren Ascogon, ausstrahlen und in verschiedener Entfernung nach der Peripherie enden, dürfte nicht viel von der Wahrheit abweichen. Und in Harmonie mit dieser Vorstellung weisen ganz tangentiale Schnitte nur vereinzelte Rosetten (Taf. VIII, Fig. 55c), quer getroffene Fäden auf, sie werden zahlreicher, wenn der Schnitt sich dem radialen (Taf. IV, Fig. 21c) nähert, der endlich die meiste Aussicht bietet, längsverlaufende Fäden (Fig. 20c) zu treffen.

Gehen wir nun zur Beschaffenheit des Gewebes im Ganzen und zur Structur und Gestalt der einzelnen Zellen selbst über, so fällt uns sofort auf, dass in dem ganzen Gewebe des Sclerotiums gar keine Intercellularräume vorkommen und hieraus folgt, dass das einmal zum Gewebe geschlossene und durch Zergliederung in Zellen zerfallene Hyphengeflecht auch nachträglich nach der Grössenzunahme nicht aus seinem engen Verbande herausgetreten ist. Die Dimensionen der Zellen des sterilen Gewebes und der Grad ihrer Verdickung ist nach den einzelnen Sclerotien sehr verschieden, wie ein Blick auf die Taf. IV, Fig. 20—24 deutlich zeigt. Man kann aber nicht sagen, dass die grössten Sclerotien auch die grösseren Zellen haben müssen, noch auch umgekehrt; die grössten sterilen Zelllumina messen 0,0329 Mm., die dicksten Membranen, wie sie

zwei benachbarten Zellen gemeinschaftlich sind, haben einen Durchmesser von 0,0188 Mm. Alle verdickten Membranen sind deutlich differenzirt, sie haben eine ziemlich dicke, ins bläuliche schillernde Zwischenlamelle, die in den gelben Randzellen zur dunklen Linie wird. Auch sind kleine Stellen der Membranen von der Verdickung, die sonst alle Theile einer Zellwand gleichmässig betroffen hat, ausgeschlossen geblieben. Sie heben sich von der Fläche gesehen als helle rund oder länglich umschriebene Oeffnungen ab mit starken Randschatten. In dem Gewebe coincidiren die unverdickten Stellen benachbarter Zellen und bieten so auf dem Querschnitt im Profil das getreue Bild von Tüpfeln dar, wie sie bei höheren Pflanzen vorkommen. Sie sind niemals durchbrochen, die ursprüngliche unverdickte Membran bleibt zwischen den Zellen bestehen. Die sie umgrenzenden Ränder der verdickten Membranen sind etwas ausgeschweift, die Tüpfel öffnen sich trichterförmig in das Lumen der Zellen (Taf. IV, Fig. 20—24b). In den gelben Aussenlagen sind die Tüpfel feiner, haben wenig erweiterte Mündungen und sehen mehr aus wie eine dunkle Linie (c); in der Aussenmembran des Sclerotiums sind keine Tüpfel wahrzunehmen.

Eine allseitige Ansicht von der wirklichen Gestalt der Zellen bekommt man nur durch Isolirung der Gewebselemente im Wege der Maceration. Die äusseren gelben Zellen sind meist klein, im Umfange nahezu rund und von zwei Seiten etwas zusammengedrückt und abgeplattet (Taf. IV, Fig. 22a). Die inneren haben die mannichfachsten und wunderlichsten Formen; bald rund, gewöhnlichen parenchymatischen Zellen ähnlich, bald langgestreckt mit unregelmässigen spitzen Enden wie sie nur im Prosenchym vorkommen (Fig. 22b). Vergleicht man die Grösse dieser mächtigen stark verdickten Zellen mit den Dimensionen der zarten dünnen Mycelfäden, aus denen sie durch allmähliche Metamorphose hervorgegangen sind, so zeigt sich, dass diese mehr wie um das fünf- bis zehnfache bei ihrer Umbildung zu einem Gewebe gewachsen sind. — Die ascogonen Fäden lassen sich auch bei der besten Maceration nicht ohne Verletzung frei legen, es bleiben die kleinen Zellen ihrer nächsten Umgebung immer in störender Weise haften. Ich konnte darum auch nicht näher ermitteln, ob mit ihrer Verdickung und Erstarrung im sterilen Gewebe eine Gliederung durch Scheidewände verbunden ist.

Wiewohl die Zellen eines fertigen Sclerotiums leer zu sein scheinen, als ob ihr ganzer protoplasmatischer Inhalt auf die Membranverdickung verwendet

wäre, nehmen sie doch mit Iodlösung eine dunkelgelbe Farbe an. Die Membranen bläuen sich mit Iod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod mit alleiniger Ausnahme der gelben Hülle. Die Verschiedenheit der letzteren von der inneren Zellmasse gibt sich auch durch Behandlung mit sehr concentrirter Schwefelsäure kund; sie werden darin nicht wie diese zerstört, es bleibt die Mittellamelle, die wir als dunkle Linie sehen, in gelbbrauner Farbe unverändert erhalten.

Werden die Sclerotien trocken gelegt, so schrumpfen sie erheblich zusammen nach einigen Messungen um den vierten bis fünften Theil; von Neuem befeuchtet gehen sie durch Wasseraufsaugung auf das ursprüngliche Volumen zurück.

Wir wenden uns jetzt der weiteren Entwicklung der Sclerotien zu und wollen sie damit einleiten, uns den Begriff eines Sclerotiums von Penicillium klar zu machen, wofür uns die Entwicklungsgeschichte, soweit wir sie jetzt kennen, bereits die nöthigen Anhaltspunkte gibt. — Die Sclerotien sind entstanden auf dem fadenförmigen Mycelium der Geschlechtsgeneration von Penicillium. Sie sind die Producte einer geschlechtlichen Zeugung. Sie enthalten einen Pilzembryo, den Keimling der zweiten aus einem befruchteten Ascogon hervorgewachsenen Generation, und dieser Keimling liegt bis zu einem bestimmten Punkte in seiner Entwicklung gefördert in der Form eines vielarmigen schlauchförmigen Hyphensystemes erstarrt in Mitte eines Gewebes, welches nicht direct geschlechtlichen Ursprunges ist, doch mit dem geschlechtlichen Act im engen Zusammenhange steht, durch seine Anregung hervorgerufen ist. Dieses mächtige Gewebe entstammt dem Mycelium der Geschlechtsgeneration und ist dem jungen Keimlinge zum Schutze und, wie wir bald sehen werden, wesentlich zur Ernährung mitgegeben. Die stark verdickten Gewebselemente, der Schutz nach aussen in der gelben theilweise verkorkten Hülle deuten zugleich auf einen Zustand der Dauer der Ruhe hin, den der Pilz in dieser Form als Sclerotium zu ertragen befähigt und durchzumachen bestimmt sein kann[1]. Der Ursprung

---

[1]) Bekanntlich sind Sclerotien bei den Pilzen (die Sclerotien der Myxomyceten bleiben hier aus dem Spiel) ein nicht seltenes Vorkommniss. Sie sind vorzugsweise bei den verschiedensten Familien der beiden grossen Gruppen der Ascomyceten und Basidiomyceten bekannt. Sie treten auch hier auf den Mycelien der ersten Generation auf, nur reicht die Kenntniss ihrer Entwicklungsgeschichte nicht bis auf die ersten Anfangszustände zurück, namentlich ist es bisher in keinem Falle nachgewiesen, dass sie durch geschlechtliche Zeugung entstehen. Sehen wir zunächst hiervon und von den mit solcher Kenntniss verbundenen Consequenzen ab, so zeigt das Auftreten der

und die Beschaffenheit der Sclerotien von Penicillium stimmen hiernach mit einem endospermhaltigen Samen höherer Pflanzen in wesentlichen Momenten überein. Dieser enthält den Embryo der ungeschlechtlichen zweiten Generation und ein steriles Gewebe der Geschlechtsgeneration (Endosperm), wovon später der Embryo lebt, wenn die Ruheperiode, welche der Same ertragen muss oder ertragen kann, zu Ende geht und günstige Bedingungen eine Auskeimung gestatten. Wir werden ein Anrecht haben die vorliegenden Sclerotien vom physiologischen Gesichtspunkte aus gleich den Samen höherer Pflanzen als unentwickelte von einem Dauerzustande begleitete Fruchtkörper zu betrachten, wenn es möglich sein wird, durch die weitere Entwicklungsgeschichte den Beweis zu führen, dass hier die Keimung ähnlich wie bei einem Samen erfolgt, dass das sterile Gewebe sich passiv wie Eiweiss des Samen, der ascogone Schlauch wie ein Embryo verhält, der von diesem Gewebe lebt und später direct zur ungeschlechtlichen Pflanze heranwächst. Wir müssen also bei eventueller Keimung unsere erste Aufmerksamkeit auf die Fragen richten: Was macht der ascogone Schlauch? Wie verhält sich das sterile Gewebe ihm gegenüber?

Ich legte zum Zwecke der Auskeimung der Sclerotien die Ausbeute von allen Culturen in den verschiedensten Zeiten aus; die nachfolgende Tabelle, enthält das Nähere hierüber. Die Sclerotien waren vorher aufs reinste gewaschen, von allen anhängenden Unreinlichkeiten befreit[1]), und wurden einfach auf eine mehrfache Lage von Filtrirpapier gebracht, welches ab und zu bespritzt die nöthige Feuchtigkeit zuleitete. Als Schutz benutzte ich eine grosse Uhrschale,

---

Sclerotien, der Verlauf ihrer weiteren Ausbildung, welche am besten von Sclerotium durum bekannt sind, ferner ihre Beschaffenheit im fertigen Zustande (man vergleiche die Zusammenstellung und Beschreibung von Sclerotien bei *de Bary*, Morphologie und Physiologie der Pilze, Seite 35—38) entschiedene Uebereinstimmung mit den Sclerotien von Penicillium. Sie wird noch grösser und in dem dunklen Punkte etwaigen geschlechtlichen Ursprunges erheblich erhellt und ergänzt, wenn wir später an der Hand der weiteren Entwicklungsgeschichte den Vergleich fortsetzen, was an dieser Stelle natürlich noch nicht zulässig ist. (Siehe die Fortsetzung dieser Anmerkung in der Anmerkung auf Seite 71.)

[1]) Am besten zerreibt man zum Aufsammeln und Reinigen der Sclerotien das ganze Brod, worauf sie entstanden sind, mit den Fingern unter Wasser so fein wie möglich. Es fallen bei dieser Manipulation die Sclerotien heraus und sinken zu Boden. Durch vielfaches Abschlemmen und Reiben mit den Fingern, was den hornharten Gegenständen nichts thut, erhält man sie endlich so rein, dass das aufgegossene reine Wasser in derselben Klarheit wieder abfliesst.

die oben leicht durch einen weit übergreifenden Glasdeckel gegen alle Einflüsse abgeschlossen werden konnte. Alle 14 Tage bis 3 Wochen wurde die Papierunterlage erneuert und dabei gleichzeitig eine sorgfältige Wäsche der Sclerotien vorgenommen. Durch den Glasdeckel hindurch konnte jede äussere Veränderung, die mit ihnen vorging, aufs leichteste gesehen werden.

Die Sclerotien blieben in der Cultur äusserlich unverändert, nur in ihrer Farbe gingen sie in einen etwas dunklern bräunlichen Ton über, veranlasst durch Eintrocknen des Protoplasmas in den äusseren Zelllagen, welches sich nun in dunklen Körnchen der Innenwand anlagerte (Taf. IV und V, Fig. 20—26a).

In kurzen Zeiträumen von 3—4 Tagen zerlegte ich einige von ihnen in dünne Scheiben, um jede Veränderung im Innern genau von ihrem Beginne an zu verfolgen. Es vergingen 5—6 Wochen ohne sichtbare Veränderung. Mit der sechsten oder siebenten Woche fiel mir eine eigenthümliche Trübung des Gewebes in der nächsten Umgebung der ascogonen Schläuche auf. Die kleinen Zellen in ihrem Umkreise erschienen matt und welk, ihre Membranen hatten das frühere glänzende stark lichtbrechende Ansehen verloren. Es war dies aber nicht an allen Stellen zu sehen, wo auf dem Querschnitte ascogone Schläuche getroffen waren, sondern nur an einzelnen, die in der Mitte des Sclerotiums lagen. Genau untersucht bestand die Trübung in einem Einflusse, den der ascogone Faden auf seine Umgebung ausübte. Er war aus seiner Erstarrung erwacht und trennte sich in normaler Rundung eines Pilzschlauches von seinem Anhange offenbar durch Lösung der Membranen der kleinen Zellen, deren verticale Wände ihn lose als dünne Lamellen umgaben (Taf. IV, Fig. 24h). Dies Verhältniss des Schlauches zu seiner Umgebung im ersten Beginn der Keimung war am besten auf Querschnitten der betreffenden Stelle zu sehen. Die Veränderungen des Schlauches selbst aber nach seiner Neubelebung konnten allein auf solchen Schnitten ins Klare gebracht werden, die einen deutlichen Längsverlauf aufzuweisen hatten. Hier nun hat der Schlauch die Form eines dicken Pilzfadens ohne Scheidewände, aber reich mit feinkörnigem Protoplasma angefüllt (Taf. IV, Fig. 23c). Genauere Einzelheiten über den Act seiner Wiederbelebung selbst sind nicht zu ermitteln. Wahrscheinlich wird ein Theil der verdickten Membran und etwaige Scheidewände durch Lösung in den protoplasmatischen Inhalt übergegangen sein.

Von allergrösster Tragweite für die Klarheit der weiteren Untersuchung ist es jedoch nicht blos, die Belebung des ascogonen Schlauches zu constatiren, sondern vornehmlich mit ihr eine eben so sichere Ueberzeugung zu gewinnen, dass ein Auswachsen des sterilen Gewebes an keiner Stelle und zu keiner Zeit eintritt; diese Ueberzeugung, wenn sie wissenschaftlichen Werth haben soll, darf sich nicht auf die Durchsicht einzelner Fälle stützen, sie muss übereinstimmend aus der Untersuchung ganzer Massen von keimenden Sclerotien, die nicht einer, sondern vielen besonderen Culturen angehören, hergeleitet werden. Ich habe, jeder denkbaren Möglichkeit einer Täuschung an diesem kritischen Punkte vorzubeugen, hunderte von Sclerotien zerlegt und nie etwas anders beobachten können, als dass es der ascogone Schlauch allein ist, der sich wiederbelebt, dass das sterile Gewebe sich gegen ihn nur passiv verhält, d. h. von ihm verzehrt wird. Alle weiteren Wachsthumserscheinungen, alle weiteren Vorgänge bei entwickelterer Keimung sind hiernach allein auf den ascogonen Faden ursächlich und ursprünglich zurückzuführen.

Nach der Wiederbelebung des Fadens in der Mitte des Sclerotiums bleiben dessen peripherische Theile noch im Ruhezustande (Taf. IV, Fig. 23e und Fig. 24h); die Wiederbelebung ist also keine gleichzeitige, sie beginnt in der Mitte und schreitet nach aussen fort.

Wir haben kaum in der Keimung die Rückkehr des erstarrten Schlauches zur ursprünglichen Fadennatur constatirt, so gehen auch weitere Veränderungen mit ihm vor, er wird im nächsten Stadium durch Scheidewände (Taf. IV, Fig. 23d und Fig. 24c, und Taf. V, Fig. 27) in kurze cylindrische Zellen getheilt, deren Länge nicht ganz gleich ausfällt. Die einzelnen Gliederzellen, die sich nicht aus ihrem Verbande lösen, besitzen die Fähigkeit auszusprossen in ganz eigenthümlicher Art. Es wächst ein dicker Spross hervor, der mit seiner Spitze und seinen kurzen Verzweigungen sich schneckenartig einrollt, und darum eine Deutung über etwaige Gesetzmässigkeit seines Aufbaues zunächst nicht zulässt (Taf. IV, Fig. 24d, e, und Taf. V, Fig. 25c—e und Fig. 28a—c, 2). Gleichzeitig mit diesem dicken Sprosse, womöglich auch schon vor diesem, ist ein dünner aufgetreten, hat die Gestalt eines gewöhnlichen Pilzfadens angenommen und in rankenartigen Windungen sich drehend und Seitenzweige gleicher Art bildend, eine bedeutendere Länge erreicht (Taf. IV, Fig. 24de, und

Taf. V, Fig. 25c—e und Fig. 28a—c, 3). Beide Fäden sind entweder nebeneinander an derselben Gliederzelle inserirt oder es ist nur eine Ursprungszelle da und unmittelbar über ihr hat eine Gliederung des Sprosses in die zwei verschiedenen dickeren und dünneren Elemente stattgefunden. Soweit die Beobachtung vordringen kann, treiben nicht alle, sondern nur vereinzelte Gliederzellen der ascogonen Fäden aus. Ich habe mehrfach zwei nebeneinander liegende austreiben gesehen, auch an einem längeren Fadenstücke 2—3 verschiedene Sprossungen gefunden (Taf. V, Fig. 28—30). Ob die übrigen Zellen später austreiben oder gar nicht, kann ich nicht bestimmt angeben, die austreibenden Stellen überwuchern ihre Umgebung und verdecken sie (Taf. V, Fig. 25e); zur weitern Entwicklung ist es jedenfalls nicht nothwendig. Auch findet man in weit vorgerückten Stadien ganze Abschnitte der ascogonen Schläuche, deren Zellen bis dahin unverändert sind und die ihrem Ansehen nach sich auch nicht mehr verändern werden (Taf. V, Fig. 30). Den hier mitgetheilten Thatbestand habe ich sowohl auf Querschnitten reichster Auswahl wie auch im Wege eines vorsichtigen Macerationsverfahrens[1]) eruirt, wo es gelang längere auch verzweigte Fadenabschnitte bloss zu bekommen. In Fig. 23, 24 und 25, Taf. IV und V habe ich die schönsten Fälle gezeichnet, andere ohne Sclerotien für sich in Fig. 27—31, Taf. V hinzugefügt.

Es wachsen also mit der Auskeimung in der 7. bis 8. Woche der Cultur aus den Zellen der ascogonen Schläuche zweierlei Fäden gleichen Ursprunges zwar, aber ganz verschiedener Art hervor. Sie sind verschieden in ihrem Ansehen, verschieden in ihren Wachsthumsvorgängen, wenn wir diese auch noch nicht in präciser morphologischer Weise ausdrücken können, ganz vernehmlich aber äussert sich ihre totale Verschiedenheit in ihrer Function. Es wurde schon constatirt, dass die dicken Fäden von dem Aussehen einer Arabeske sehr langsam, die dünnen hingegen schnell zu

[1]) Zur Maceration kochte ich in etwas chlorsaurem Kali und Salpetersäure (in sehr verdünnter Form) ganze Sclerotien etwa eine Viertelstunde lang, bis sie im Aeusseren etwas zu bleichen anfingen. Dann goss ich das Ganze in eine Uhrschale, die ich mit einer zweiten verdeckte. Die Flüssigkeit trocknete allmählich ein und wirkte, indem sie schrittweise concentrirter wurde, sehr langsam und günstig auf das Gewebe ein. Die Sclerotien wurden ganz weiss und zerfielen nur leise berührt in ihre einzelnen Zellen, zwischen welchen sich unverletzte und auskeimende ascogone Fäden vorfanden.

langen Pilzfäden heranwachsen. Ihr Vordringen ist aber durch das umgebende sterile Gewebe verhindert, es setzt also voraus, dass sie entweder in dasselbe eindringen oder es ganz zu beseitigen vermögen, um sich und ihrem dicken Zwillingsbruder Platz zu machen. Von diesen zwei Möglichkeiten trifft hier die letzte zu.

Es ist ganz unverkennbar, dass die dünnen mycelialen Fäden das sterile Gewebe verzehren (Taf. IV, Fig. 23 und 24 und Taf. V, Fig. 25 und 26). Seine Membranen werden in ihrer Nähe dünner und verschwinden schliesslich ganz. Die substanzielle Masse wird aufgenommen und weniger zu eignen egoistischen Zwecken — sie müssten ja dann eine enorme Vermehrung erfahren — als zur Fütterung der dicken kurzen Sprossen verbraucht. Die dünnen Fäden sind als besondere Ernährungsorgane des jungen Pilzes innerhalb des Sclerotiums anzusehen, — so dürfen wir ihn jetzt, wie ich glaube in seiner selbständigen Ernährung, in seiner Gliederung in zwei morphologisch und physiologisch verschiedene Elemente mit Fug und Recht bezeichnen. Die dünnen mycelialen Fäden sind an ihren Enden bestimmt geschlossen, sie lösen also die verschwindenden Gewebstheile der sterilen Masse durch Vorgänge, die uns zunächst unbekannt sind, und nehmen dann das Gelöste auf. Die Höhlung, welche durch die Lösung und das Verschwinden des Gewebes entsteht, wird in dem gleichen Maasse als sie sich erweitert, von der wachsenden jungen Pflanze ausgefüllt. Der Pilz lebt einem Parasiten gleich in Mitte des sterilen Gewebes ohne an irgend einer Stelle einen organischen Zusammenhang mit ihm zu haben.

Dieser letzte Punkt erwies sich von erheblichem Belange im Laufe der früheren und weiteren Untersuchung. Diese ist nur allein mehr an Querschnitten auszuführen, eine Maceration und Präparation dagegen jetzt unmöglich. Nun fallen aber die betreffenden Theile mit grösster Leichtigkeit aus den Schnitten heraus, und man findet dann nur die leeren Höhlungen, den ausgekeimten Stellen (Taf. IV, Fig. 24g, Taf. V, Fig. 25f und Fig. 26c) entsprechend. Versucht man das Verlorene zu suchen, so ist auch im Falle des Auffindens eine sichere Orientirung über die Lage nicht mehr möglich. Dieser Uebelstand war leider nicht durch eine andere Methode oder ein verbessertes Verfahren bei der Untersuchung zu ersetzen. An dicken Schnitten sah man nichts, an dünneren fehlte die Pointe. Es blieb nur ein Mittel übrig, durch die Massen der Schnitte zu ersetzen was im Einzelnen verloren ging.

Von den *dünnen*, der Ernährung ausschliesslich dienenden *vegetativen mycelialen Fäden* (Taf. V, Fig. 28—30, 3) lässt sich nur sagen, dass sie sich durch Spitzenwachsthum und Bildung von Seitenzweigen reichlichst verlängern und vermehren und dass sie wie eine fadige Hülle die dickeren umgeben. Es wächst mit dem Gewebeverzehr das Feld ihrer Thätigkeit, die Fläche wird grösser, von der sie ihre Nahrung nehmen und damit hält ihre Vermehrung gleichen Schritt (Taf. V, Fig. 25de und Taf. VI, Fig. 34 und 43). Sie besitzen, so lange sie in Thätigkeit sind, keine oder nahezu keine Scheidewände. Ihr Verlauf ist unregelmässig; an vielen Stellen bilden sich Aussackungen, mit denen das Lumen um das Doppelte zunehmen kann. Vielfache Drehungen und rankenartige Windungen wechseln mit grade verlaufenden Strecken, und ebenso folgen auf enge Stellen oft plötzliche Erweiterungen, die in einiger Entfernung wieder an Dicke abnehmen (Taf. VI, Fig. 37). Im Durchschnitte messen sie 0,0015—0,0025 Mm., an den Erweiterungen steigt das Maass auf 0,0050 Mm. —

Die dicken Fäden, die, es mag hier zum bessern Verständnisse kurz angegeben sein, *der Fruchtbildung ausschliesslich dienen*, haben ein sehr langsames Wachsthum, aber dabei eine um so reichlichere Zweigbildung. Der erste Seitenzweig wird in unmittelbarer Nähe der Spitze angelegt, er wächst wieder sofort aus, ihm folgen nach hinten weitere in dichtem Gedränge, zu einem förmlichen Knäuel vereint (Taf. V, Fig. 28—33, 2). Bei den massenhaften Aussprossungen und zugleich dem sehr geringen Längenwachsthume sieht das Ganze einer hefenartigen Sprossung ähnlich, in der sich aber ein ganz bestimmter Plan erkennen lässt. Es ist nur die äusserste Spitze der Beobachtung zugänglich; was wir dort nicht sehen, müssen wir aus dem Endresultate zu ergänzen suchen. Die kurze Spitze biegt sich schneckenförmig um (Taf. V, Fig. 33a) und auf ihrem gebogenen Rücken entsteht regelmässig der jüngste Seitenast (b^1). Sie richtet dann sich wieder nach oben und krümmt sich nach entgegengesetzter Seite um. Ist diese Windung, welche im äussersten Falle $\frac{2}{3}$ eines Kreises beträgt, ausgeführt, so tritt wiederum ein Seitenast auf dem Rücken auf. Derselbe Vorgang in regelmässiger Wiederholung muss zum Aufbau einer schlangenförmig gewundenen Hauptaxe führen, an der in sehr kurzen, fast gleichen Abständen von einander Seitenzweige (b^1—b^5) angeordnet sind. *In* der Hauptaxe treten, ebenso gesetzmässig wie die Seitenzweige *an* ihr, Scheidewände auf, je eine zwischen zwei Seitenzweigen; die jüngste wird schon über dem dritten ältesten

Seitenzweige sichtbar. Mit jeder neuen Wendung der Spitze und der damit verbundenen Seitenastbildung erfolgt auch eine neue Scheidewand über dem dicken Seitenzweige. Wir haben nun eine Hauptaxe, die aus einzelnen kurzen, schräg umgebogenen Gliederzellen besteht, deren jede einen Seitenast trägt (Taf. V, Fig. 33, Taf. VI, Fig. 35—41b). Die Seitenäste können entweder nach dem Bildungsplane der Hauptaxe wachsend wieder Seitenzweige bilden, also dieser gleich werden; in diesem Falle erhalten wir eine doppelt verzweigte Hauptaxe (Taf. V, Fig. 31). Dies tritt anfangs im Beginn des Auskeimens häufig ein, wird später aber zur Ausnahme. Oder die Seitenzweige wachsen fort an ihrer Spitze sich umbiegend wie die Hauptaxe, ohne aber zugleich Seitenzweige hervorzubringen (Taf. VI, Fig. 35, 40 und 41). Die Axe ist dann nur einfach verzweigt, die Seitenzweige der Hauptaxe ungleich. Dieser Vorgang ist später die Regel, nur einzeln in unregelmässigen Abständen wird nochmal ein Seitenast der Hauptaxe gleich (Taf. VI, Fig. 35 und 41). Die einzelnen schlangenförmigen Windungen der Hauptaxe können sich zu einer mehr oder minder regelmässigen Spirale ordnen, sie können aber auch für einige Zeit in einer Ebene stattfinden und zwar regelmässig, so dass die Seitenzweige links und rechts stehen in bilateraler Stellung (Taf. VI, Fig. 35). Im Profil gesehen sieht dann nothwendig das Ganze einem einfachen Faden gleich mit dunklen Schatten in bestimmten Abständen, die man der Regelmässigkeit nach für Scheidewände halten kann (Taf. V, Fig. 29 u. 30, 2). Hierdurch ist die Möglichkeit einer Täuschung gegeben. Ich habe mehrfach Stücke einer Hauptaxe gehabt, die einem einfachen gegliederten Pilzfaden täuschend ähnlich sahen, deren Linie in veränderter Ansicht plötzlich zur grossen Fläche wurde (Taf. VI, Fig. 35).

Die einfachen Seitenäste der Hauptaxe wachsen sogleich nach ihrer Anlage aus, und weil sie unmittelbar an der Spitze angelegt werden, die Spitze nur langsam wächst, so wird es, zumal bei der Richtungsänderung der Spitze, oft schwierig zu entscheiden, was Spitze, was Seitenast ist. In einem bestimmten Stadium gewährt die Spitze das Bild einer dichotomischen Verzweigung mit etwas geförderter Entwicklung des einen Armes (Taf. V, Fig. 33a—b^2). Auch die Spitze der Seitenzweige, die unverzweigt bleiben, rollt sich ein (Taf. V, Fig. 31—33 und Taf. VI, Fig. 38 und 39), und beweist hierdurch, dass es nicht Seitenzweige sind, die (nahe an der Spitze angelegt wie bei den Hauptaxen) ihre Krümmung bewirken. Mit zunehmender Länge des Astes wachsen die nach

rückwärts gelegenen Partien in den Grenzen zweier Drehungen bedeutend in die Dicke. Die Anschwellung ist in der Mitte am stärksten, um sich nach beiden Seiten, den Stellen der Drehungen ganz zu verlieren. Es schwillt also der Faden, wie er vorn an Länge zunimmt, nach hinten zu einzelnen kugelförmigen Theilen an (Taf. V, Fig. 31, 4), die, wenn die Anschwellung eingetreten ist, wie Hefezellen einander entsprosst zu sein scheinen. Sie folgen sich ohne messbare verdünnte Brücken; nur die erste Anschwellung erfolgt nicht unmittelbar an der Insertionsstelle des Astes, hier bleibt eine kurze Strecke in ursprünglicher Dicke, der, gleichsam als Träger des Astes, die erste Anschwellung aufsitzt (Taf. VI, Fig. 36—41). Wie lang der Seitenast werden kann, wie viel kugel- oder birnförmige Anschwellungen es hervorzubringen vermag, weiss ich nicht genau. Es ist eine volle Unmöglichkeit in dem dichten Gedränge der Seitenäste bei ihrer stets wechselnden Wachsthumsrichtung den einzelnen mit Sicherheit von seinem Ursprunge bis zur Spitze zu verfolgen. Aber das kann ich mit Sicherheit angeben, dass wenigstens 8—10 Birnen an einem Aste entstehen können (Taf. VI, Fig. 38 und 39).

Vereinigen wir das hier einzeln Mitgetheilte zum Gesammtbilde eines dicken Fadens, so haben wir eine kurze freie Spitze mit ihren Arabesken von noch kurzen Seitenzweigen, dahinter einen dichten Knäuel von kugeligen Gebilden, in denen die Hauptaxe verborgen liegt (Taf. VI, Fig. 36 und 40). Auf eine weitere Complication der Verknäulung, wie sie entstehen muss, wenn in kurzen Abständen einzelne Seitenäste zu Hauptaxen werden, will ich hier nur kurz hindeuten.

Die unverzweigten einfachen Seitenäste dienen der Fortpflanzung. Jede seiner kugeligen Anschwellungen wird zum Sporenbehälter, zum Ascus. Dem Endpunkte der Anschwellung folgt unmittelbar eine Gliederung durch Scheidewände. Sie treten genau zwischen den einzelnen Anschwellungen in dem sehr kurzen Isthmus auf, der sie von einander trennt. An der Insertionsstelle des Astes ist dieser Isthmus lang, und die Scheidewand tritt hart an der Anschwellung auf, so dass der ganze Faden nun von einem kurzen Stielchen getragen wird, welches aber, da es in offener Communication mit der Mutterzelle der Axe bleibt, in Wirklichkeit nur eine stielartige Aussackung derselben ist (Taf. VI, Fig. 36—41). — Es ist der Zeitpunkt, wann die definitive Gliederung der Seitenäste an der Hauptaxe vor sich geht, nicht mit Sicherheit zu

ermitteln. Ich möchte glauben, dass es nicht immer derselbe ist, wenigstens finden sich gegliederte Aeste bald schon dicht unter der Spitze, bald erst in weiterm Abstande von ihr entfernt (Taf. V, Fig. 31 und Taf. VI, Fig. 36). Nach stattgefundener Gliederung treten bald im Inhalte der birnförmigen Glieder Veränderungen ein. Der früher gleichförmige Inhalt wird von einer grossen centralen Vacuole unterbrochen. Sie verschwindet und an ihrer Stelle treten eine Anzahl kleiner Vacuolen auf. Im nächsten Stadium sind schon die Sporen vorhanden. Das Object ist viel zu klein, um auch mit den stärksten Vergrösserungen die feinern Vorgänge der Sporenbildung, das Auftreten und Verschwinden von Zellkernen etc. sehen zu können (Taf. VI, Fig. 36—39). Ich zweifle nicht, dass der Vorgang so ist, wie ihn *de Bary*[1]) und *Janczewski*[2]) beschrieben haben. An den jungen Sporen deuten starke Randschatten die Abscheidung von Membranen um sie an, mit deren vollständiger Ausbildung die Mutterzelle, der Ascus, von acht Sporen vollständig angefüllt ist ohne irgend einen Ueberrest von Protoplasma, der zur Sporenbildung nicht verbraucht bei ihrer Entleerung eine Rolle spielen könnte (Taf. VI, Fig. 39). — In welcher Reihenfolge geht nun die Sporenbildung im ganzen Ast vor sich? oder tritt sie vielleicht auf einmal in allen Ascen zugleich ein? Dies ist wiederum nicht direct zu beobachten, weil der ganze aus den einzelnen Ascen bestehende Ast sich um die Hauptaxe dreht und dadurch bei dem dichten Gedränge der Aeste in seiner continuirlichen Ascuskette nicht bis an sein Ende zu verfolgen ist, und weil man bei der Präparation gleichfalls nicht sicher weiss, ob der Ast intact geblieben oder zerfallen ist. Fände die Ausbildung nach dem Alter statt, so würde nach eingetretener Sporenbildung in den älteren Ascis die Nahrungszufuhr aufhören und die Spitze, soweit sie aus jungen Schläuchen besteht, untergehen müssen. Dieser rein physiologische Grund spricht mit aller Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Sporenbildung im ganzen Aste, wenn alle Theile ausgewachsen sind, auf einmal gleichzeitig vor sich gehen oder sonst von oben beginnen muss. Hierfür sprechen auch weitaus die meisten Befunde. Einige Ausnahmen ungleichzeitiger Ausbildung lassen sich durch Störungen in der Ernährung durch die mycelialen Fäden unschwer erklären (Taf. VI, Fig. 39).

---

[1]) *De Bary:* Beiträge III. Reihe, Eurotium.

[2]) *Janczewski:* Botanische Zeitung 1871, No. 17 und 18. Ueber Ascobolus furfuraceus.

Mit der Sporenreife trennt sich allmählich die Ascuskette aus ihrer Verbindung und von dem ganzen Aste bleibt nur das Stielchen oder vielmehr die stielartige Fortsetzung der Axenzelle übrig, als ein untrügliches Merkzeichen, dass hier ein Ast abgefallen ist (Taf. VI, Fig. 40 und 41). Erst wenn die Hauptaxe von ihren Seitenzweigen befreit worden, ist sie in ihrer natürlichen Gestalt und Gliederung und zugleich in der Art der stattgefundenen Verzweigung deutlich zu beobachten; freilich auch hier nur auf bestimmte Strecken, da sie bei ihrer kurzen Gliederung sehr zerbrechlich ist und leicht an den gegliederten Stellen auseinander fällt. Ohne die Zuhülfenahme dieses Endresultates wäre es früher unmöglich gewesen, den Aufbau sicher anzugeben, weil ja zwischen der kurzen freien Spitze und dem Endresultat, der entblössten Axe eine weite Strecke liegt, die während der Wachsthumsvorgänge nicht aufzuklären ist wegen der dichten Verknäuelung der Seitenzweige. Jetzt sieht man, dass der verbogenen Spitze eine ebenso verbogene Axe entspricht, die sich in allen denkbaren Windungen krümmt, die aufgebaut ist aus gebogenen kurzen Gliederzellen, aus denen je ein Ast entspringt, der in seiner ganzen Länge zu einer Ascuskette wird. In Taf. VI, Fig. 40 und 41 sind verschiedene Hauptaxen dargestellt, die nur wenig verbogen sind und meiner Zeichenkunst allein zugänglich waren; ich habe zur Versinnlichung des Bildes, wie es mit der Sporenreife annähernd gewesen sein muss, die Ascenzweige (nach anderen Präparaten) in zarten Linien (Fig. 40) angedeutet. Aus der Fig. 41a Taf. VI, die eine Verzweigung der Hauptaxe zeigt, geht im Vergleich mit der unverzweigten (b) aufs deutlichste hervor, dass diese vereinzelt und ohne jede Regelmässigkeit erfolgt, sich also der gewöhnlichen Seitenzweigbildung unterordnet in der Art, dass hie und da ein Ast der Hauptaxe gleich wird.

Wir haben nun in den letzten Abschnitten die Keimung oder vielmehr die Wiederbelebung der ascogonen Schläuche, ihre Gliederung in zwei morphologisch und physiologisch ganz verschiedene Elemente und die Entwicklungsgeschichte beider bis zur Fructification des Pilzes für sich und im Zusammenhange mit einander verfolgt. Wir haben weiter gefunden, dass das sterile Gewebe im absoluten Gegensatze zu den auskeimenden Schläuchen sich ganz inactiv verhielt und von dem jungen Pilze zur Nahrung verwendet und verzehrt wurde. Es erübrigt nun noch, um das Bild von der Lebensgeschichte des Pilzes in seiner Totalität darzustellen, die weitere Entwicklung desselben im Sclerotium bis zu seinem Endpunkte durchzuprüfen, oder besser gesagt: die

einzelnen Momente der Weiterbildung kurz hervorzuhehen, die bis zur gänzlichen Reife der Sclerotien bei ihrer weiteren Cultur eintreten.

Es ist uns von früher bekannt, wie die ascogonen Schläuche nicht an allen Punkten im Sclerotium gleichzeitig auskeimen, wie die Keimung in der Mitte zuerst beginnt und von da centrifugal weiter geht. Die ausgewachsenen Stellen bilden folglich in den ersten Stadien nach der Keimung noch vereinzelte Höhlungen, die durch einzelne Zelllagen des sterilen Gewebes von einander getrennt sind (Taf. V, Fig. 25 und 26). Dieses wird nun zunächst verzehrt und die einzelnen Löcher vereinigen sich zu einer einzigen grossen Höhle (Taf. VI, Fig. 34). In ihr liegen die dicken fructificirenden Sprosse, die langsam wachsen und das Nährgewebe nicht direct verzehren, mehr in der Mitte (d), sie sind nach aussen eingehüllt von den dünnen mycelialen Fäden (c). Diese liegen dem Gewebe (b) direct an, welches sie zu verzehren bestimmt sind. — Das ganze Fadengeflecht erscheint in einer eigenthümlichen grünlichen Farbe, wenn es in seiner Masse gesehen wird.

War schon das ganze Sclerotium dem Samen höherer Pflanzen physiologisch vergleichbar, welcher in reichem Eiweiss seinen Embryo birgt, so erhält jetzt der Vergleich Leben und Wahrheit. Wir sehen den Pilzembryo in Wirklichkeit wie einen phanerogamischen Embryo sich fortentwickeln. Er ist, wie dieser in seinen ersten Lebensstadien, Parasit, er verzehrt wie dieser das Eiweiss, ein Gewebe welches ihm von der Mutterpflanze vorsorglich als Nahrung mitgegeben ist. Hier ist diese Nahrung in den Zellen nicht als Fett, Amylum, Zucker, etc. angehäuft; es sind die verdickten Zellwände selbst der Nährstoff, der Pilz hat seinen Nährvorrath als Zellstoff, als verdickte Membran, abgelagert[1]).

Da der Zellstoff als solcher nicht als Nahrung dienen kann, wird es nöthig, dass er von Neuem gelöst werde, und diese Lösung besorgen die dünnen mycelialen Fäden so etwa, wie das Scutellum der Gräser die Stärke des Endosperms auch in der Entfernung löst. Es bleibt hier wie dort nur eine Annahme zur Erklärung des Vorganges offen, dass nämlich die dünnen Fäden und das Scutellum einen Stoff ausscheiden, der die Cellulose oder Amylum zu lösen vermag.

---

[1]) Soweit meine Kenntnisse reichen, kommt ein verdicktes hornartiges Endosperm bei höheren Pflanzen im Samen von Dracaena, Phoenix, Coffea etc. vor.

Die Lösung und der Verzehr des sterilen Gewebes geschieht nicht ohne eine bemerkenswerthe Nebenerscheinung. Es entstehen am Rande der verzehrten Stellen grosse stattliche Krystalle (Taf. VI, Fig. 42) bald in deutlichen bestimmbaren Formen (b), bald als dicke Drusen (a). Die Krystalle haben ein hellglänzendes Ansehen und eine gelbe Farbe. Es wechseln die regelmässigsten quadratischen Octaeder (b und c) mit schönen Säulen, daneben sind Combinationen beider und Zwillingskrystalle keine Seltenheit. Sie bestehen, wie die Reactionen ergeben, aus oxalsaurem Kalk. — Die Bildung und Abscheidung dieses Salzes steht mit den Lebensvorgängen im Innern des Sclerotiums im directen Zusammenhange. Das Kalksalz tritt auf mit der Lösung des Gewebes durch die Wiederbelebung des Pilzembryos, der ascogonen Fäden, seine Menge nimmt zu in dem Maasse, als die Masse des Pilzes sich auf Kosten des gelösten Gewebes vermehrt. Der junge Pilz lebt von dem Gewebe, wie jeder andere Pilz von organischer Masse lebt. Die Vermehrung und das Wachsthum des Pilzes erfordert eine stete Neubildung von Eiweissstoffen aus dem Gewebe des Sclerotiums. Bei diesem Vorgange wird wahrscheinlich Oxalsäure von dem Pilze gebildet, um die hierzu nothwendige Phosphor- und Schwefelsäure aus vorhandenem Kalksalze abzuscheiden[1]). Die Membranen des Sclerotiums (der Inhalt der Zelle ist ja nur ganz unbedeutend) müssen folglich reich an Kalksalzen sein, die erst bei ihrer Wiederauflösung in der unlöslichen Verbindung als oxalsaures Salz in die Erscheinung treten. — Die Zahl der Krystalle nimmt nach Verhältniss des verzehrten Gewebes zu und sie gelangen so auf ganz natürlichem Wege allmählich in das Innere zwischen die Pilzfäden (Taf. VI, Fig. 34 und 43e).

Der Consum des sterilen Gewebes, seine allmähliche Abnahme geht Hand in Hand mit der Fortentwicklung des Pilzes im Innern des Sclerotiums, und diese ist eine für einen Pilz auffallend langsame. Es bedarf ganzer Wochen, um

---

[1]) Ich verweise hier kurz auf die Darlegungen von *G. Holzner*, Flora No. 33, 1867, p. 520. Entstehung und physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes. »Die Oxalsäure ist ein Product der Proteinstoffe, bestimmt den phosphorsauren (und schwefelsauren) Kalk zu zersetzen, während der Kalk die Bestimmung hat, der Pflanze Phosphorsäure zuzuführen. Nach Erfüllung dieser Bestimmung sind beide für die Pflanze werthlos und schädlich, daher ist von der Natur dafür gesorgt, dass sie vereint ein in organischen Säuren unlösliches Salz bilden, oder auch: Die Pflanze erzeugt deshalb Oxalsäure, weil deren Kalksalz in organischen Säuren unlöslich ist, und somit durch jene die Phosphorsäure (und Schwefelsäure) frei wird.«

nur einen Fortschritt zu sehen, zu bemerken, dass das Terrain des Pilzes grösser, die Mächtigkeit des sterilen Gewebes kleiner wird. Wenn der Pilz in peripherischer Richtung fortschreitet, an seinen zahlreichen Spitzen weiterwächst, verblüht er gleichzeitig nach hinten in seinen älteren Theilen. Es reifen die Ascen, sie fallen ab und die Sporen werden frei, indem die Membranen des Ascus sich auflösen[1]. Wir haben in Folge dessen in älteren Zuständen (Taf. VI, Fig. 43) kein gleichmässiges Fadengeflecht von dicken und dünnen Fäden durcheinander. Dieses befindet sich nur in der Peripherie (c und d), in der Mitte hingegen liegen freie Sporen (f) mit Krystallen (e) gemengt, dann vereinzelte abgefallene hie und da noch verbundene Ascen, deren Membranen in Lösung begriffen sind, daneben nackte Hauptaxen mit den Insertionsstellen der abgefallenen Aeste und zugleich dünne leere myceliale Fäden, die mit den Hauptaxen, denen sie angehörten, bereits dem Untergange, der Auflösung, entgegen gehen. In kurzem Ausdrucke können wir sagen, der Pilz wächst an seinen Vegetationsspitzen allmählich weiter, während er an älteren Theilen langsam zerfällt. Wenn wir uns dies natürlich vorstellen, folgt daraus, dass der Pilz nun nicht mehr ein organisch zusammenhängendes Ganzes, sondern eine Summe von Individuen, von Theilen darstellt, so viele als Spitzen vereinzelt sind. Es folgt aber daraus weiter, dass mit dem Absterben der vegetativen Fäden, die wir ja ursprünglich neben und an den dicken ascogonen Fäden entspringen sahen deren neue zur Fortführung der Ernährung erzeugt werden müssen. Dies kann allein an der fortwachsenden Spitze geschehen, nur ist eine morphologisch gesetzmässige Ordnung ihrer zeitlichen und örtlichen Entstehung nicht aufzufinden. Sie entstehen an der Hauptaxe und wahrscheinlich entweder so, dass ab und zu ein Seitenzweig zu einem mycelialen Faden statt zu einem ascogonen Aste wird, oder dass sie, nach Art der Wurzelhaare (Rhizoiden) bei Laub- und Lebermoosen, nach Bedürfniss von der Axe hervorgebracht werden. Sieht man gleich aufs deutlichste, dass die dünnen Fäden weiterhin aus den dicken hervorgehen, so ist es doch in dem dichten Gewirr der Verzweigungen an der Hauptaxe, so lange sie bestehen bleiben, schwer möglich den exacten Beweis hierfür zu geben; und später, wenn sie abgefallen sind, gelingt es kaum leichter, weil die gegliederte Hauptaxe bei der leisesten

---

[1]) Schon 4 bis 6 Wochen nach eingetretener Keimung finden sich reife keimfähige Sporen in den Sclerotien, während hingegen die letzten Asci erst fünf Monate später reife Sporen führen.

Berührung, wenn man sie nur schief ansieht, schon zerbricht und namentlich noch die mycelialen Fäden nach Beendigung ihrer Function sehr hinfällig und zerbrechlich sind. Ich habe in der Taf. VI, Fig. 36 und 40 eine Stelle abgebildet, wo der Ursprung deutlich ist, und verweise weiter auf die dicken Endzellen der Taf. VI, Fig. 37, wie sie sich an gut präparirten mycelialen Fäden vorfinden und mit welchen sie aller Wahrscheinlichkeit nach in den Verband der Hauptaxe eingefügt waren. Ich will jedoch für diejenigen, die meine Untersuchung wiederholen sollten, zu bemerken nicht unterlassen, dass ein sicherer unumstösslicher Beweis des genetischen Zusammenhanges beider Fäden im vorgerückten Zustande äusserst schwer zu liefern ist; Täuschungen über den Ursprung von Pilzfäden liegen überhaupt sehr nahe, ganz besonders in einem Gewirr von Fäden. Natürlich bedarf es für uns des Beweises gar nicht mehr, er ist an anderer Stelle direct geführt und zugleich indirect, in der einfachen Thatsache, dass die ascogonen Schläuche bei der Keimung der Sclerotien allein auswuchsen.

Das sterile Gewebe wird schliesslich im Laufe ganzer Monate bis zur braun gefärbten Rinde, die, wie wir wissen, aus 2—3 Zelllagen kleiner tangential gestreckter Zellen besteht, aufgezehrt (Taf. VI, Fig. 44). Die Rinde selbst (a) die mit ihrer Bräunung eine constitutionelle Veränderung erlitten hat, theilweise verkorkt ist, wird nicht gelöst, sie bleibt als Hülle bestehen. Wenn die Nährvorräthe verzehrt sind, lösen sich alle Fäden und Ascen, die noch am Rande vorhanden waren, ganz ebenso, wie es im Centrum schon früher geschehen ist. Es bleibt nur die Masse der Sporen (f) bestehen, mit Krystallen (c) vermischt, von der gelbbraunen Hülle (a) wie von einer festen Blase umschlossen. Trocken geworden, zerreisst im Laufe der Zeit auch die Hülle und Haufen von unzähligen kleinen Sporen werden in Freiheit gesetzt. Sie besitzen in der Masse eine hell gelbe Farbe und eine sehr regelmässige Gestalt, die unverkennbar an Eurotium erinnert, (*de Bary*, Beiträge III. Theil. Eurotium Tafel I und II). Ihre Form (Taf. VII, Fig. 45a und b) ist länglich nach beiden Enden schnell verschmälert; im Querschnitte (a) rund, sternartig mit kleinen Vorsprüngen versehen. Sie haben eine doppelte Membran, ein dickes reich verziertes Exosporium, welches aus zwei Klappen zusammengesetzt ist, die wie die beiden Mericarpien eines Doldensamens durch eine tiefe Furche getrennt sind und je für sich an den Polen in eine feine Spitze auslaufen (b). Jede Klappe hat auf dem Rücken drei oder vier Rippen, die zu wenig hervorragen, um auch mit den stärksten Systemen

ihre Zahl sicher angeben zu können. Die Sporen messen in der Länge 0,0050—0,0060, in der Breite 0,0040—0,0045 Mm.

Die Sclerotien zeigen äusserlich die beginnende Reife durch eine Aenderung ihrer Farbe an. Sie verlieren den gesättigten braunen Ton, werden wieder heller und schliesslich gelb, ähnlich wie die Sporen. Die Zeitdauer von der Bildung der Sclerotien bis zu ihrer vollkommenen Reife beträgt wechselnd 6—8 Monate; die beigefügte Tabelle über die einzelnen Versuche wird das Nähere ergeben. Die kleinsten Sclerotien keimen so gut wie die grossen. Auch die Vorgänge bei verwachsenen Sclerotien ergeben sich von selbst. Ihr steriles Gewebe ist ohne cuticularisirte Zwischenlamelle verschmolzen, aber aussen ist eine continuirliche Hülle gebildet (Taf. III, Fig. 14 und 15 und 17, 2). Ist das Innere verzehrt und in Sporen umgewandelt, so bleibt die Hülle allein, den Gesammthohlraum oder vielmehr die Sporenmasse umschliessend, zurück (Taf. VI, Fig. 44)[1].

Wie wir sahen, gelingt die Keimung der Sclerotien bis zum völligen Reifen ohne jegliche Schwierigkeiten; dies ist nicht immer der Fall und setzt eine Ver-

[1]) (Fortsetzung der Anmerkung I auf Seite 57). In dem Endresultat der Entwicklung der Sclerotien von Penicillium, in ihrer Umwandlung in einen Fruchtkörper mit Sporen stimmen alle bekannten Sclerotien überein. Die Umwandlung bei diesen vollzieht sich nicht immer, sogar nur selten, innerhalb der ursprünglichen Hülle des Sclerotiums, in den meisten Fällen wird sie durchbrochen und es wachsen die Fruchtträger der Ascomyceten und Basidiomyceten direct aus den verschiedenen Sclerotien hervor. Nach dem jetzigen Standpunkte unserer Kenntniss sind die Fruchtkörper dieser Gruppen unzweifelhaft als die durch geschlechtliche Zeugung entstandene zweite Generation aufzufassen. Die Fruchtkörper, welche direct aus den Sclerotien hervorgehen, müssen folglich geschlechtlichen Ursprunges sein. Es kann nun, wie mir scheint, nach den für Penicillium bekannten Daten, ferner nach der früher hervorgehobenen Uebereinstimmung seiner Sclerotien mit allen anderen (Anmerkung I Seite 57), als im höchsten Grade wahrscheinlich angesehen werden, dass der Geschlechtsact, dem die aus den Sclerotien hervorwachsenden Fruchtkörper ihren Ursprung verdanken, analog wie bei Penicillium vor die Bildung der Sclerotien fällt, dass hiernach alle Sclerotien gleich diesen geschlechtlichen Ursprunges sind, dass sie Fruchtkörper darstellen im unentwickelten Zustande, an denen der Dauerzustand, der früher ihre Bezeichnung als Dauermycelium begründete, nicht von wesentlicher Bedeutung, vielmehr nur eine blosse Variation, eine Unterbrechung im Entwicklungsgange der zweiten Generation ist, welche bei einzelnen Gattungen der genannten Gruppen vorkommt. Weitere Untersuchungen, welche mit klarer präciser Fragestellung durch Penicillium nahegelegt sind, müssen diese Wahrscheinlichkeit weiterführen. Bisher sind dem befruchteten ausgewachsenen Ascogon entsprechende Organe im Innern der Sclerotien wohl nicht gesehen, aber auf sie war die Frage ja nicht bestimmt gerichtet, sie können übersehen, vielleicht aber auch schwieriger zu sehen sein als bei Penicillium.

meidung mancherlei Störungen voraus, die nicht übersehen werden dürfen. Die nächstliegende ist in den Zersetzungen gegeben, die in dem Nährsubstrate, hier dem Brode, auf dem die Sclerotien gewachsen sind, auftreten und sich den Sclerotien selbst mittheilen können. Lässt man nämlich die letzteren zu lange auf dem Substrat, so tritt in ihm durch fremde Pilze eine Art von Gährung und Fäulniss ein, die den Pilz in Mitleidenschaft zieht. Seine Mycelien sterben ab und entwickeln einen abscheulichen Geruch, in dem auch wenig geübte Nasen das als Parfüm der Häringslake bekannte Trimethylamin unterscheiden können, ein Derivat des Ammoniaks, welches nach den Untersuchungen von *Wolf* und *Zimmermann*[1]) absterbende Pilze der verschiedensten Art auszudünsten pflegen. Schon ein Verbleib von wenigen Tagen in solchem Substrat ist ausreichend, den Sclerotien die Keimkraft zu nehmen. Die Zersetzung tritt augenfällig nur im Innern der Sclerotien in den ascogonen Hyphen, nicht in dem grosszelligen Grundgewebe hervor. — Im Anschluss hieran will ich kurz bemerken, dass die Sclerotien einen langen Aufenthalt in Wasser von 14 Tagen, ohne Schaden zu nehmen, ertragen können. Man wird folglich gut thun, die Sclerotien früh vom Substrat zu nehmen und sorgsam zu reinigen auch eher schon, als sie ganz frei geworden sind, da ja, wie wir wissen, zur Nachreife das Mycelium nicht mehr nöthig ist (Taf. III, Fig. 18).

In zweiter Linie ist ein zu starkes Austrocknen, ein langes Aufbewahren im trocknen Zustande für die Keimkraft verderblich. Vielfache Versuche nach dieser Richtung ergaben übereinstimmend, dass Sclerotien nach 3 bis 4 monatlichem Trockenzustande nicht mehr auskeimten, dass aber, wenn sie vor dieser Zeit wieder ausgelegt wurden, eine normale Keimung erfolgte. — Meine erste Angabe in der vorläufigen Mittheilung ist hiernach zu corrigiren, sie stützte sich auf Versuche mit unzureichendem Material, von dem ich nicht durch vergleichenden Versuch constatirte, dass es überhaupt ausgekeimt ist. Es haben natürlich die Versuche nur Beweiskraft, wenn sie mit Sclerotien einer Cultur gemacht werden, von denen es gleichzeitig festgestellt wird durch vergleichende Cultur, dass sie gesund und keimfähig sind. Die Masse hierzu nöthigen Materiales fehlte mir aber damals noch in Ermangelung einer Methode, es zu beschaffen.

---

[1]) *Wolf* und *Zimmermann*: Botanische Zeitung 1871, No. 18 und 19. Scheiden die Pilze Ammoniak aus?

Endlich gibt es einen kleinen Pilz, der die Sclerotien befällt und ihre Keimung stört. Seine Sporen sind mehrzellig und von brauner Farbe; seine Keimschläuche (e), die in Taf. VIII, Fig 55 direct auf die Spore (d) zurückgeführt sind, durchbohren die Membranen der Zellen und verbreiten ein gegliedertes Mycelium, welches freilich auf Querschnitten nur in kurzen Stücken (f) zu sehen ist, durch das ganze Sclerotium. Leider habe ich den Pilz nicht fructificirend gefunden und ich weiss nicht sicher wie er heisst, wahrscheinlich Pleospora herbarum.

Bedürfte es am Schlusse des zweiten Hauptabschnittes der Arbeit, — in welchem nachgewiesen wurde, dass die gefundenen Sclerotien geschlechtlichen Ursprunges sind, dass sie Fruchtkörper im unentwickelten Zustande darstellen, dass diese aus einem befruchteten, zu Schläuchen ausgewachsenen Ascogon und einem sterilen Gewebe bestehen; in welchem weiter lückenlos verfolgt wurde, dass bei der Weiterentwicklung, der Auskeimung der Sclerotien, aus den ascogonen Fäden der ascentragende Pilz direct hervorgeht, dass hingegen das sterile Gewebe sich passiv verhält und von diesem als Nahrung verzehrt wird, — bedürfte es, so meine ich, noch eines diese Angaben ergänzenden Beweises, so könnte er etwa dadurch beigebracht werden, dass der passive Gegensatz zwischen dem sterilen Gewebe und den auswachsenden ascogonen Fäden, auch noch durch einen zweiten activen verstärkt wird, welcher die physiologische Grundverschiedenheit beider noch mehr hervortreten lässt. Es ist ja denkbar möglich, dass einmal unter besonderen abnormalen Verhältnissen bei der Keimung die ascogonen Schläuche untergehen, dass dagegen das sterile Gewebe, welches sonst verzehrt wird, nicht mit abstirbt, und an günstiger Stelle, eben weil es nun nicht verzehrt wird, austreibt, und dass dies austreibende Gewebe resp. deren Zellen einen ganz anderen Entwicklungsgang nehmen, wie wir ihn von den ascogonen Fäden kennen.

Auch an diesem Beweise soll es hier nicht fehlen bleiben. — Legt man Sclerotien, deren Keimkraft in den ascogonen Hyphen durch zu langes Trockenhalten bereits erstorben ist, wieder feucht, so wachsen aus den Rissen, die beim Trocknen entstanden sind, einzelne und bündelweise als Coremium vereinigte ungeschlechtliche Fruchtträger von Penicillium (Taf. VIII, Fig. 53b) hervor. Eine genaue Untersuchung ergiebt, dass sie aus dem Innern und zwar direct aus einzelnen sterilen Zellen (c) hervorgegangen sind, die ohne viel Schwierigkeit frei zu präpariren sind. Es vermögen also die sterilen Zellen bei eventueller Wieder-

belebung nichts anders als ungeschlechtliche Conidienträger zu erzeugen. Aehnliche, nur hie und da auftretende ungeschlechtliche Fruchtträger sind auch bei abnormalen Keimungen anderer Sclerotien z. B. von *Botrytis cinerea*, (*de Bary*, Morphologie und Physiologie der Pilze S. 40) beobachtet worden und dürften wahrscheinlich eine ähnliche Erklärung finden.

Doch welchen Beweis haben wir nun, dass die gefundenen Sclerotien und der aus ihnen gezogene neue Ascomycet zu Penicillium gehören? Was kann uns berechtigen anzunehmen, dass Penicillium eine ungeschlechtliche Fortpflanzungsform dieses Ascomyceten ist? Die Antwort ist einfach — nichts. Es fehlt noch der eigentliche wissenschaftliche Beweis, es ist nichts wie eine Wahrscheinlichkeit gewonnen, die auf nicht sicherem Grunde steht, die sich allein auf gemeinschaftliches Vorkommen stützt. Mag diese Wahrscheinlichkeit im speciellen Falle so nahe der Sicherheit stehen, wie nur möglich, sie bleibt Wahrscheinlichkeit und damit werth- und beweislos. Eine Arbeit in einer blossen Wahrscheinlichkeit zu verlassen, wenn ein sicherer Beweis noch irgend möglich ist, würde der eigentlichen Idee der vorliegenden Schimmelpilze zuwider sein. — Wie, in welcher Weise ist nun aber der Beweis zu führen? Es kann allein dadurch geschehen, dass aus einer Spore der zweiten Generation, also einer Ascusspore, die erste Generation in normalem Kreislauf wiedergewonnen wird. Diese erste Generation ist die geschlechtliche, auf der wir die Sclerotien fanden. Sie ist charakterisirt durch ein Mycelium, (Taf. I, Fig. 3 und 6), welches nach ganz bestimmten Wachsthumsgesetzen wächst und sich verzweigt, ganz besonders aber dadurch, dass auf diesen Mycelien ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung nebenbei ungeschlechtliche Fruchtträger, Propagationsorgane, das bisherige ganz gewöhnliche Penicillium, auftreten. Wir müssen also aus einer Spore ein Penicilliummycelium mit Fruchtträgern durch Cultur auf Objectträgern in der Art hervorgehen sehen, dass mit einem Blick der Conidienträger von Penicillium auf die ausgekeimte Ascusspore durch das Mycelium hindurch direct und ganz unzweifelhaft zurückzuführen ist, nur dann kann von einem unumstösslich sicheren, einem streng wissenschaftlichen Beweise die Rede sein.

Als Culturflüssigkeit für eine Aussaat von Ascussporen wurde ein beliebiger, klarfiltrirter und wenig gefärbter Fruchtsaft gewählt, bald ein Decoct von trocknen

Backpflaumen, bald ein ausgekochter Auszug von frischen Johannis- oder Stachelbeeren. Die Keimung trat schon nach 18—24 Stunden in einer sehr charakteristischen, der bekannten Keimung von Eurotiumsporen ähnlichen Weise ein. Gleich im Beginn der Keimung, im Momente der innern Anschwellung, wurde das Exosporium aufgesprengt, ohne jedoch zugleich abgeworfen zu werden. Dieses ist, wie uns bekannt, aus zwei Klappen zusammengesetzt, die in der Mitte durch eine Furche getrennt sind (Taf. VII, Fig. 45b). In eben dieser Furche springt die Membran auf; die damit verbundene Trennung der Membranhälften kann eine vollständige oder nur eine einseitige sein (Taf. VII, Fig. 46a und b). Im ersten Falle (a) weichen die getrennten Hälften rechts und links dem aufschwellenden Endosporium aufsitzend allmählich auseinander; im zweiten Falle (b) quillt aus einem grossen Spalt das Endosporium wie eine Blase hervor. In beiden Fällen bleibt das Exosporium, dem Endosporium fest aufsitzend, auf der keimenden Spore zurück und fällt auch später nicht ab. Dieses ist ein glücklicher Umstand für die Untersuchung. Das reich verzierte, dicke und darum leicht erkennbare Exosporium ist ein untrügliches Merkmal einer keimenden Ascusspore, welches jede Verwechselung mit Conidiensporen ganz unmöglich macht. Aus der geschwollenen Spore wachsen ein oder mehrere Keimschläuche (Taf. VII, Fig. 47) und aus diesen ein Mycelium hervor. Die Gestalt der Fäden dieses Myceliums (Fig. 48), seine Gliederung, sein Wachsthum und seine Verzweigung stimmen so vollkommen mit den Mycelien überein, die aus den Conidiensporen hervor gehen, dass es ganz zwecklos wäre, sie noch einmal zu beschreiben. Am nächsten Tage trat an den Mycelien die Bildung von Conidienträgern ein und damit wäre der Beweis des genetischen Zusammenhanges gegeben. Da aber am letzten Tage die Verzweigung des Myceliums vor der Fruchtträgerbildung eine zu reichliche geworden und dadurch die Keimspore nicht sicher mit ihrem Exosporium unterschieden werden konnte, so war es immerhin noch denkbar, dass ein gewöhnliches Penicillium sich eingeschlichen, die Mycelien in einander gewachsen und dass es eben letzteres sei, welches die Fruchtträger erzeugt habe. Ich machte nun die Nährlösung verdünnter, um die zu grosse Ueppigkeit der Mycelien zu hindern; aber hier zeigten die Ascussporen eine erhebliche Abweichung von den gewöhnlichen Conidiensporen, sie keimten gar nicht. Ich überwand diese Schwierigkeiten der Keimung durch Anwendung einer concentrirten Culturlösung, die ganz allmählich

nach eingetretener Keimung verdünnt wurde[1]). So erhielt ich kleine Mycelien in allen Formen (Taf. VIII, Fig. 49 und 50), endlich sogar Fälle, wo ein Keimschlauch später direct zum Fruchtträger wurde (Taf. VIII, Fig. 51). In den Figuren 49—51 sind die verschiedensten Mycelien abgebildet, deren Fruchtträger direct auf die Keimspore (a) zurück verfolgt werden können; zur besseren Ueberzeugung habe ich das Centrum der Keimspore mit ihren Fäden vergrössert (II) nebengezeichnet. — Zur Ergänzung der Culturen mit Ascussporen sei weiter noch angeführt, dass ich hunderte von Massenculturen gemacht habe, wo alle bekannten Erscheinungen wiederkehrten und Sclerotien in grosser Menge gebildet wurden. Die Culturen sind von denen gewöhnlicher Conidiensporen gar nicht zu unterscheiden.

Die Ascussporen bewahren ihre Keimkraft sehr lange; nach zweijähriger trockner Aufbewahrung der Früchte fanden noch vereinzelte Keimungen statt, während allerdings die meisten Sporen zerfallen waren in zwei Hälften. — Die Conidiensporen verlieren die Keimkraft nach $1\frac{1}{2}$—$1\frac{3}{4}$ Jahren. Versuche mit ihnen haben nur Gültigkeit, wenn die Garantie gegeben ist, dass keine frischen Sporen in die Cultur gerathen können; ich führte sie unter eng abschliessenden Glocken mit ganz reinen Utensilien in Zimmern aus, in denen keine oder nahezu keine Sporen verbreitet sein konnten.

---

[1]) Die Aussaat einer Spore kann trotz ihrer Kleinheit mit grösster Leichtigkeit und vollkommener Sicherheit ausgeführt werden, wenn man folgender Art verfährt: Man entleert eine reife Frucht von Penicillium und bringt eine beliebige Partie ihrer Sporen in eine klar filtrirte Nährlösung von Backpflaumendecoct. Man lässt die Cultur, die also mit völlig reinem Materiale mit jeder möglichen Vorsicht angesetzt ist, einen Tag oder $1\frac{1}{2}$ Tage in einem vorsichtig bedeckten Uhrglase stehen. In dieser Zeit ist die Keimung der Sporen eingetreten und jede einzelne Spore stellt mit ihrem Keimschlauche ein Object von solcher Grösse dar, dass man es im Gegensatze zu der winzig kleinen Spore mit blossem Auge, jedenfalls aber bei ganz schwacher Vergrösserung deutlich sieht. Man rührt nun die Cultur gut auf und setzt so viel Wasser zu, bis man durch wiederholten Versuch findet, dass in einem kleinen mit einer flachen Nadel herausgenommenen und auf den Objectträger übertragenen Tröpfchen ein oder zwei Keimlinge enthalten sind. Streicht man das Tröpfchen in die Länge, so kann man leicht den einen durch Abwischen entfernen. Durch weiteren Zusatz von Wasser oder Nährlösung, (je nachdem man grosse Mycelien oder Kümmerlinge erzielen will,) ist der Keimling, ohne bei den Manipulationen die geringste Störung erlitten zu haben, gerade so weiter zu cultiviren, wie sonst die einzelne Spore. In einem kurzen Ausdrucke wird bei diesem Verfahren statt der einzelnen Spore der einzelne junge Keimling ausgesäet. Es ist überall dort anzuwenden, wo bei der Kleinheit der Sporen die einzelne schwieriger auszusäen ist, wo dann aber wieder der einzelne grosse Keimling statt dessen ein leicht erkennbares und unterscheidbares Object abgibt. —

Ich werde nächstens in einer kleinen Abhandlung meine Culturmethode bei Pilzen ausführlich mittheilen.

VI. Ergebnisse der Untersuchung.

Mit den Culturversuchen der Ascussporen ist die Untersuchung in langsamem Gange zum Ausgangspunkte, zu den ungeschlechtlichen Fruchtträgern mit den Conidiensporen zurückgeführt. Sie ist zu einem geschlossenen Kreise geworden und somit abgeschlossen.

Es bleibt allein noch übrig zu untersuchen, ob es möglich sein wird mit Hülfe der gewonnenen Resultate die Aufgaben zu lösen, die wir uns gestellt haben, ob wir im Stande sein werden, die vier Fragen genügend zu beantworten, in deren endgültiger Lösung die Arbeit als eine beendigte anzusehen sein würde.

Die erste Frage lautete nach der Auffindung der geschlechtlichen Befruchtung von Penicillium, nach der aus ihr hervorgehenden geschlechtlich erzeugten Pflanze mit ihrer ungeschlechtlichen Sporengeneration. — Die Untersuchung ergab die Existenz eines neuen, bisher niemals gesehenen Pilzes. Seine Entwicklungsgeschichte wurde bis auf den ersten Zustand auf einen geschlechtlichen Vorgang zurückverfolgt, welcher sich der mit Peziza confluens und Eurotium Aspergillus glaucus eröffneten und später in Erysiphe, Ascobolus und Gymnoascus erweiterten Reihe ähnlicher Vorgänge anschliesst. Aus dem befruchteten Ascogon konnte der neu erzeugte Pilz, welcher später in Ascusfrüchten seine ungeschlechtliche Sporengeneration erzeugte, lückenlos hergeleitet werden. Hiermit ist die erste Frage erledigt.

Unsere zweite Frage war auf etwaige Existenz weiterer Propagationsorgane gerichtet, die ausser Penicillium, den lange bekannten ungeschlechtlichen Fruchtträgern, etwa existiren könnten. Die Frage muss aufs bestimmteste verneint werden. Während dreijähriger Beschäftigung mit dem Pilze, in welcher die Untersuchung mit aller Sorgfalt, in allen erdenklichen Substraten von der einzelnen Spore ausgehend geleitet wurde, fanden sich niemals andere als die bekannten Propagationsorgane auf den Mycelien erster Generation vor.

Hiernach sind alle anderweitigen Entdeckungen nach dieser Richtung, welche sämmtlich ohne strenge wissenschaftliche Methoden gewonnen sind, mit dem Prädicate »Erfindungen« in den Ruhestand zu versenken.

Die beiden ersten Fragen betreffen die wesentlichen Momente der Untersuchung selbst; sie sind in der Antwort in Kürze angegeben. — In den beiden letzten Fragen handelt es sich um die Verwerthung der Resultate für biologische und systematische Zwecke und zwar zunächst in der dritten Frage um den Generationswechsel, die Reihenfolge der Fruchtformen von Penicillium. — Aus einer Spore der zweiten ungeschlechtlichen Generation, einer Ascusspore (oder einer Propagations- einer Conidienspore) entsteht ein grosses Mycelium, welches die Geschlechtsorgane trägt, also die erste, die ungeschlechtliche Generation. Mit der Befruchtung beginnt die zweite, es entsteht durch sie die geschlechtlich gezeugte aber ungeschlechtliche Pflanze; der Untergang der ersten ist damit nicht sogleich verbunden, vielmehr bleibt der junge Embryo, die beginnende zweite Generation, mit der Mutterpflanze vorerst in directem Zusammenhange und wird von ihr ernährt. Er wird zugleich von einem Nährgewebe, welches sich aus sterilen Fäden bildet, umgeben und dann später als Sclerotium, einem Samen physiologisch vergleichbar, von der Mutterpflanze getrennt. Nach kurzem oder längerem Ruhezustande wächst der Embryo, als Parasit von dem umgebenden Gewebe lebend, zur ungeschlechtlichen Pflanze heran, die mit der Erzeugung von Ascusfrüchten und Ascussporen ihr Dasein beschliesst. Aus jeder Spore dieser zweiten ungeschlechtlichen Generation geht, wie wir oben sahen, die Geschlechtsgeneration wieder hervor.

Die Conidienträger sind Nebensache in Beziehung auf den Generationswechsel, sie fallen unter den Begriff einer ungeschlechtlichen Vermehrung, die ausser ihm liegt. Dasselbe haben wir auch bei den Zygomyceten gefunden, nur sind hier die Propagationsorgane und die zweite Generation nicht wesentlich verschieden, ein Umstand, der ruhig bedacht einer Missdeutung nicht wohl fähig ist[1]). Penicillium unterscheidet sich folglich, wie

---

[1]) Wenn ich mir diese bei den niederen Pilzen mit sehr einfacher Sexualität im Gegensatze zu den höheren Pilzen mit entwickelterer ausgeprägterer Sexualität obwaltenden Verhältnisse bezüglich der ungeschlechtlichen Vermehrung und der zweiten geschlechtlich gezeugten aber ungeschlechtlichen Generation natürlich und ungezwungen vorstelle und in dem ersten Ursprunge und der Entwicklung mit einander in Einklang zu bringen versuche, führt mich der Gedankengang zu der Idee, dass ursprünglich die Sexualität zuerst auftrat bei denjenigen Organismen, welche in dieser Vermehrung zu einem bestimmten Höhepunkte vorgeschritten sind. Die Sexualität trat im Anfange schwach und in der einfachsten Weise auf, und wegen dieser schwach ausgeprägten Sexualität kann es nicht gerade auffallend erscheinen, wenn ihr Endresultat nicht wesentlich von der hoch entwickelten ungeschlechtlichen Vermehrung abweicht. Dieser Fall scheint mir noch jetzt bei den Zygomyceten und Oosporeen (Saprolegnien und Peronosporeen) vorzuliegen. Beide Fortpflanzungsformen bestehen nebeneinander fort, können je nach Umständen beide zugleich oder einzeln an der Pflanze vorkommen; diese erscheint also hiernach im einen Falle bloss in ungeschlechtlicher Vermehrung, das andere Mal in geschlechtlicher Fortpflanzung. In dem Masse als die sexuelle Differenzirung fortschreitet, wird darunter die ursprüngliche hoch entwickelte ungeschlechtliche Vermehrung leiden und allmählich ganz unterdrückt werden. Gewisse Anklänge des ersten Falles liegen vielleicht bei den Zygomyceten und Peronosporeen vor. (Bei diesen stellt ja die Bildung von Fruchtträgern mit Sporangien den Höhepunkt ungeschlechtlicher Vermehrung dar, ein Höhepunkt, der bei den Zygomyceten in den Mucorinen, bei den Peronosporeen in Cystopus und Peronospora infestans erreicht ist, gegen welchen die Chaetocladiaceen und die meisten Arten der Peronospora in so fern zurückstehen, als hier die Bildung des Sporangiums unterbleibt, dieses auf eine einfache Conidie reducirt ist). Den zweiten Fall haben wir bei den hochentwickelten Pilzen, den Asco- und Basidiomyceten. Hier ist das Product der geschlechtlichen Fortpflanzung in seiner morphologischen Gliederung erheblich fortgeschritten, und gegen die hier sehr einfache ungeschlechtliche Vermehrung zeigt sich eine sehr hervortretende Verschiedenheit. War früher die ungeschlechtliche Vermehrung ausnahmslose Regel, wird die Regel hier zur Ausnahme: es sind nur mehr vereinzelte Gattungen, welche noch eine ungeschlechtliche Vermehrung besitzen. In welchem Verhältnisse aber steht diese ungeschlechtliche Vermehrung hier bei den höheren Pilzen zu den niederen? Ist sie noch die hochentwickelte wie dort? Gewiss nicht; der Unterschied ist gar bedeutend. Die ungeschlechtliche Vermehrung tritt nebensächlich an den hoch gegliederten Mycelien auf, einzelne beliebige Myceläste gliedern Sporen ab; während doch im Gegensatze hierzu bei den Zygomyceten und Peronosporeen die ungeschlechtliche Vermehrung als ein Abschluss des Lebens eines ungegliederten oder erst im Momente der Fructification gegliederten Myceliums auftrat. Hier ist der hochentwickelte Fruchtträger das Endresultat der Entwicklung, die damit abschliesst; dort ist

auch die Zygomyceten, in Betreff des Generationswechsels in gar nichts von den Thatsachen, wie sie bei Moosen, Gefässkryptogamen und Phanerogamen längst bekannt sind. Die erste, die geschlechtliche Generation ist von ausnehmender Grösse wie bei den Laub- und Lebermoosen; die zweite ist klein und lebt parasitisch von einem Nährgewebe, welches sie von der ersten mit empfängt, ohne zur absoluten Selbständigkeit zu gelangen, ebenfalls ähnlich wie bei den Moosen, aber

---

es eine nebensächliche Erscheinung, mit deren längerer Fortdauer freilich auch die Geschlechtsgeneration ungeschlechtlich enden kann. Die ungeschlechtliche Vermehrung in dieser Form kann wohl kaum mehr die ursprüngliche natürliche sein, oder ihr verändertes Ueberbleibsel, zwischen beiden ist der Gegensatz zu gross. Ich möchte glauben, dass hier bei den höheren Pilzen die ursprüngliche Form ungeschlechtlicher Vermehrung nicht mehr existirt, dass sie von der fortschreitenden Sexualität unterdrückt worden ist, und dass die jetzt vereinzelt bekannte ungeschlechtliche Fortpflanzung nur als eine Anpassung, als ein besonderer Vortheil gelten kann, den vereinzelte Gattungen nachträglich gewonnen haben, die sich darum auch vor anderen durch ihre ungeheure Verbreitung auszeichnen z. B. Penicillium crustaceum und Botrytis cinerea. Freilich werden diese Vortheile ungeschlechtlicher Vermehrung der sexuellen Fortpflanzung entgegenwirken und dies kann bei ihrer fortschreitenden Entwicklung dahin führen, dass sie nur mehr unter besonderen Umständen, in besonderen Fällen auftritt; ja es liegt nicht ausser den Grenzen der Möglichkeit, dass schliesslich mit der Zunahme der ungeschlechtlichen Vermehrung, mit zunehmender Abschwächung des Organismus durch sie, die Umstände und Bedingungen in der Natur kaum noch existiren, unter welchen die geschlechtliche Fortpflanzung möglich ist. Bei Penicillium trifft dies zu, hier muss schon die Kunst zu Hülfe kommen, um der überwuchernden ungeschlechtlichen Vermehrung Einhalt zu thun und die dadurch unterdrückte Sexualität hervortreten zu lassen. Vielleicht gibt es aber auch Fälle, wo die Kunst nicht ausreicht, dies zu bewirken; hier hätten wir dann bei den höchst entwickelten Pilzen dem äusseren Thatbestande nach dasselbe, was oben früher mit dem Eintritte der Sexualität da war: eine ausschliesslich ungeschlechtliche Vermehrung. Doch sind beide Fälle trotz ihrer äusseren Gleichheit in Beziehung auf die Fortpflanzung grundverschieden und leicht auseinander zu halten: In der Gliederung der Mycelien prägt sich die hohe Entwicklung der einen, in dem Mangel der Gliederung die niedere Stufe der anderen aus. Hier steht die stark hervortretende ungeschlechtliche Vermehrung im natürlichen Zusammenhange mit schwach ausgeprägter primitiver Sexualität, dort ist sie im Gegentheile eher als nachträgliche Ueberwucherung schon sehr entwickelter sexueller Differenzirung anzusehen. — Wie ich schon früher in meinem Aufsatze »Mucor racemosus und Hefe nebst Bemerkungen zur Systematik der Pilze« (Flora No. 25, 1873) angedeutet habe, sprechen alle zur Zeit bekannten Thatsachen dafür, dass zwischen den einzelnen Gruppen der niederen Organismen gewaltige Abstände bestehen, grössere wie zwischen den einzelnen Abtheilungen der höheren Pflanzen: es sind nur Trümmer die uns geblieben sind. Sie liefern nur unzureichende Mittel, den Grad gegenseitiger Verwandtschaft genau zu schätzen, und die bei den einzelnen Gruppen bekannten Einzelheiten vergleichend zu verknüpfen; die Bestätigung einer alle Gruppen durchlaufenden Idee kann darum kaum anders als mangelhaft sein, sie findet in dem vorhandenen lückenhaften Materiale von selbst die Grenzen.

total entgegengesetzt wie bei den Gefässkryptogamen und Phanerogamen, wo die erste Generation klein, bis zum Verschwinden klein, die zweite von riesenhafter Mächtigkeit ist. — Der Pleomorphismus bei Penicillium beschränkt sich auf die Thatsache, dass auf den Mycelien der ersten Generation auch eine ungeschlechtliche Vermehrung vorkommt in Fruchtträgern, die den Brutknospen der Moose physiologisch und morphologisch gleichwerthig sind. Die Sporen der ungeschlechtlichen Fruchtträger, die in ihrer Reichhaltigkeit eine geschlechtliche Befruchtung ganz in den Hintergrund drängen und dadurch den normalen Lebensgang des Pilzes verdecken können, erzeugen immer nur die erste Generation wieder. Diese kann unbegrenzt immer nur Propagationsorgane tragen, ohne dass die Mycelien geschlechtstüchtig werden. Es lag hiernach die Vermuthung nahe anzunehmen, dass Penicillium, weil man es nicht in Befruchtung fand, wohl erst nach langer Reihe ungeschlechtlicher Generationen endlich einmal zur Geschlechtsreife kommen müsse. Nach dieser Annahme, die in gleicher Weise als Aushülfe zur Erklärung einer ausschliesslich ungeschlechtlichen Vermehrung bei niederen Organismen gelten konnte, wäre allerdings eine ungeschlechtliche Fortpflanzung in den Generationswechsel eingeschlossen. Sie schwebt aber bei Penicillium, wo sie bisher mit mehr Grund als irgendwo gelten konnte, rein in der Luft. Nach den verbesserten Culturmethoden, wie ich sie früher angegeben, gelingt es im Gegentheile ohne alle Schwierigkeit den normalen Generationswechsel herzustellen d. h. Penicillium jedesmal zur geschlechtlichen Fructification zu bringen. Hierbei treten die Conidienträger mehr und mehr in den Hintergrund, werden an einzelnen Stellen kaum gebildet, und ich bin fest überzeugt, dass es noch gelingen wird, sie ganz zu unterdrücken und nur Sclerotien zu bilden, wodurch ihre Nebensächlichkeit zur Evidenz bewiesen wäre. In diesen letzten Thatsachen liegt zugleich die wichtigste Aufgabe verborgen, welche in der Mycologie in nächster Zukunft zu lösen bleibt. Es ist diese: Die Ursachen und Bedingungen zu erforschen, durch die viele Pilze von ihrem natürlichen Generationswechsel abgehalten werden, oder in einem anderen Ausdrucke, die Bedingungen zu finden, durch welche solche Pilze, die gewöhnlich nur in ungeschlechtlicher Vermehrung vorkommen, zur geschlechtlichen Befruchtung, dem Penicillium gleich, gezwungen werden können. Es wird und muss dies gelingen.

In der Aufgabe »bei unvollständig bekannten Pilzen die zweite Generation

den eigentlichen Pilz neu zu suchen und zu finden«,[1]) ist der zeitgemässe Standpunkt in der Mycologie klar ausgesprochen, er tritt an die Stelle des früheren, der als überwunden gelten kann. Letzterer findet seinen passendsten Ausdruck in einer Periode der Todesstösse, in welcher man die heterogensten Pilze unbekümmert um ihre Selbständigkeit in die Pfanne des Pleomorphismus schlug. Die Untersuchung des pleomorphsten Pilzes, des Mucor Mucedo, in seinen vermeintlichen vielgestaltigen Fruchtformen hat von Dictyostelium mucoroides an bis zum Penicillium crustaceum incl. nicht bloss keinen neuen Sterbefall, sondern die Wiedererweckung fünf neuer Pilzgattungen (die Arten ungerechnet) zur Folge gehabt, welche sämmtlich neuen Familien angehören und sogar einer neuen grossen Gruppe das Leben gaben. Einen Grund für die Annahme eines besonderen Pleomorphismus bei den Pilzen vermag ich nicht einzusehen. Diese Annahme bringt Complicationen und Schwierigkeiten in die Wissenschaft, die in Wirklichkeit nicht bestehen; sie führt zu unrichtigen Auffassungen einfacher Thatsachen und zu Untersuchungen, deren wissenschaftlicher Werth gar keiner ist. Bei allen Pflanzengruppen, bei den Laub- und Lebermoosen, den Gefässkryptogamen und Phanerogamen gibt es einzelne Familien, oft nur einzelne Gattungen, welche durch eine ungeschlechtliche Vermehrung ausgezeichnet sind. Diese Vermehrung kann neben dem eigentlichen Generationswechsel, den *Hofmeister*[2]) zuerst richtig erkannt hat, in unregelmässiger oder regelmässiger Weise einhergehen, sie kann aber auch diesen vollständig unterdrückend unter Umständen ausschliesslich auftreten. Den Höhepunkt ungeschlechtlicher Vermehrung

---

[1]) Es kann mit Sicherheit angenommen werden, dass dies bei allen bisher nur in ungeschlechtlicher Vermehrung bekannten Pilzen bis zu den niedrigen Formen gelingen wird. Bei den höhern Pilzen mit gegliederten Mycelien sind die grössten Aussichten, hier handelt es sich nur um die Unterdrückung der ungeschlechtlichen Vermehrung ähnlich wie bei Penicillium; bei den niederen Pilzen liegen die Umstände wesentlich anders, hier scheint es mir fraglich, ob man durch äussere Hülfsmittel auf die schwach ausgeprägte Sexualität Einfluss ausüben kann, wenigstens ist die Unterdrückung der ungeschlechtlichen Vermehrung, wie mir zahlreiche Versuche zeigten, nicht das einzige Moment, worauf es ankommt. — Wo die Grenze der Sexualität liegt, folglich eine ungeschlechtliche Generation nicht mehr existirt, lässt sich vorläufig mit Sicherheit nicht angeben; doch ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass eine solche Grenze existirt, dass es unter den niedrigsten Organismen noch solche gibt, welche zur sexuellen Differenzirung nicht vorgeschritten sind (ich verweise hier auf die vorhergehende Anmerkung und den citirten Aufsatz in der Flora).

[2]) *Hofmeister*, Vergleichende Untersuchung der Gefässcryptogamen und Gymnospermen. Leipzig 1851.

erreicht die Pflanzenwelt bei den Pilzen, dies gilt sowohl in Beziehung auf die Massenhaftigkeit der erzeugten Vermehrungszellen und ihre Verschiedenheit, als auf die Gliederung und Ausbildung der besonderen Organe, der Fruchtträger, an denen sie in den meisten Fällen entstehen. Doch nicht bei allen Pilzen kommt eine ungeschlechtliche Vermehrung vor, sie ist unbekannt bei vielen, den meisten Ascomyceten und Hymenomyceten und bei einigen Uredineen; bei den übrigen ist sie dagegen fast ausnahmslose Regel. Sie erreicht bei einzelnen, auch den höchst entwickelten Pilzen wie Penicillium, einen Höhepunkt, dass der normale Generationswechsel ganz verschwinden kann, dass er sogar bei vielen Pilzen noch gar nicht bekannt ist. Nur bei wenigen Pilzen ist eine ungeschlechtliche Vermehrung 2—3fach verschiedener Art bekannt. Von diesen ist aber gewöhnlich nur eine als wesentlicher Träger der Vermehrung als Hauptform anzusehen, die anderen sind untergeordnet, gelegentliche Erscheinungen. — Da das Auftreten von Propagationsorganen in so ungeheurer Fülle tiefer störend in den eigentlichen Generationswechsel der Pilze eingreift, hier ganz vorherrschen, dort völlig unterbleiben kann nach Bedingungen, die wahrscheinlich verschieden und für die einzelnen Pilze erst näher festzustellen sind[1]), so erklärt es sich leicht, dass wir denselben Pilz einmal in ungeschlechtlicher Vermehrung, das andere Mal in geschlechtlicher Fortpflanzung und das dritte Mal nach beiden Richtungen zugleich thätig finden, dass weiter ein parasitischer Pilz auf der einen Nährpflanze nur zur ungeschlechtlichen Vermehrung, auf der anderen zum normalen Generationswechsel kommt, wie bei den Uredineen[2]). Ehe man die Sexualität

---

[1]) Andeutungen hierüber finden sich in den zwei längeren Anmerkungen der Seite 80 und 81.

[2]) Es ist bei den Uredineen (Aecidieen) nicht zu bezweifeln, dass die Aecidienfrüchte Producte geschlechtlicher Befruchtung sind, dass das Mycelium, auf welchem die Aecidien entstehen, die Geschlechtsgeneration, die Aecidien selbst die zweite ungeschlechtliche Generation repräsentiren. Die Uredo und Teleutosporen sind als die den Aecidieen zugehörige ungeschlechtliche Fortpflanzung, als Conidienformen, anzusehen. Sie kommen bei vielen Gattungen vor, fehlen aber bei Endophyllum Sempervivi und Endophyllum Euphorbiae. Diese letzteren sind Aecidieen mit normalem Generationswechsel. Von den Spermogonien ist es nicht erwiesen, dass sie den Aecidieen zugehören. Spermogonien kommen auch bei anderen Pilzgruppen vor, welche von den Uredineen jedenfalls sehr weit abstehen z. B. den Ascomyceten (Flechten). Es liegt die Möglichkeit vor, dass sie selbständige Pilze sind, welche als Parasiten auf anderen leben. Es hat mir bis jetzt an Zeit gefehlt, Keimungsversuche mit den Sporen der Spermogonien, deren Keimung bisher Niemandem gelungen ist, zu machen, um auf die hier ausgesprochene Vermuthung hin zu untersuchen. Ein gemeinsames Vorkommen, auch ein gemeinschaftliches Auftreten der

bei den Pilzen und den damit verbundenen Generationswechsel richtig erkannt hatte, hielt man Pilze in bloss ungeschlechtlicher Vermehrung für ganze Pilze, ganze Pflanzen, was sie ebensowenig sind, wie ein brutknospentragendes Lebermoos. Als man dann die eigentliche Fortpflanzung, ohne sie richtig deuten zu können, fand, hatte es den Anschein, als ob zwei grundverschiedene Pilze genetisch zusammengehörten, als ob bei den Pilzen etwas ganz besonderes, von allen anderen Pflanzen abweichendes bestünde. *Tulasne* fand dies zuerst, und seine Entdeckung fällt noch vor die Zeit, wo durch *Hofmeister* der Generationswechsel bei höhern Pflanzen bekannt wurde und namentlich vor die Zeit, wo *de Bary's* zahlreiche Untersuchungen eine Sexualität auch bei den Pilzen nachgewiesen hatten. Sie löst sich jetzt, ebenso wie die dadurch entstandene Disharmonie zwischen Pilzen und anderen Pflanzen, zu einer Bestätigung von Thatsachen auf, die von den bei höheren Pflanzen bekannten nicht in der Hauptsache, sondern nur in untergeordneten Dingen verschieden sind.

Welche systematische Stellung haben wir nun dem Penicillium anzuweisen? — Dies ist unsere vierte und letzte Frage.

Nach der ungeschlechtlichen zweiten Generation, den Ascusfrüchten gehört Penicillium der grössten Pilzgruppe, den Ascomyceten, an. Es bleibt die Familie innerhalb der Gruppe zu finden übrig.

In der Existenz von ungeschlechtlichen Propagationsorganen, von Conidienträgern, nähert sich Penicillium dem Eurotium Aspergillus, mit dem es weiter in der Gestalt der Geschlechtsorgane grosse Aehnlichkeit hat. Es unterscheidet sich aber von ihm durch folgende wesentliche Punkte: Erstens dadurch, dass das befruchtete Ascogon sofort mit dem sterilen Gewebe auswächst, was bei Eurotium erst nach Vollendung des Peritheciums geschieht; zweitens durch den eingeschobenen Ruhezustand als Sclerotium, der dem Eurotium fehlt; drittens durch eine Gliederung der zweiten Generation in einen vegetativen und fructificativen Theil, wie sie an Eurotium unbekannt ist[1]. Hierdurch ist die

---

Spermogonien mit Aecidien nach Aussaaten und Infectionen von keimenden Teleutosporen auf Berberis-Blätter begründet einen genetischen Verband nicht genügend, wie die Untersuchungen von Piptocephalis, Chaetocladium und Mucor Mucedo (Schimmelpilze I. Theil) dargethan haben dürften.

[1]) Diese Gliederung der zweiten Generation, welche an die höheren Pflanzen erinnert, ist bisher bei keinem Pilze gefunden, wird aber wohl wahrscheinlich auch bei anderen höheren

höhere Entwicklung des Penicillium gegenüber dem Eurotium bestimmt ausgesprochen. In eben diesen hier hervorgehobenen Momenten zum Theil, vornehmlich aber in der Structur der Sclerotien und in ihrer Auskeimung erkennen wir bei einem kurzen Ueberblick über die Familien der Ascomyceten sogleich eine frappante Uebereinstimmung von Penicillium mit den Tuberaceen. Diese stehen, wenigstens nach einer Richtung hin, gewiss an dem Endpunkte der Ascomyceten, repräsentiren die höchst entwickelten Glieder dieser Gruppe. Ueber die Entwicklung der Trüffeln bis zum sclerotialen Zustande, bis zum Punkte ihrer Auskeimung im Innern, ist nichts bekannt, ein Vergleich kann also erst an dieser Stelle beginnen. — Wie in dem Bau der Sclerotien von Penicillium unterscheiden wir im Innern einer ausgewachsenen noch nicht ausgekeimten Trüffel, (welche aussen ebenfalls von einem dunklen veränderten Randgewebe umgeben ist) zwei wesentlich verschiedene Elemente. Erstens ein wenig gefärbtes Parenchym, dessen Zellen jedoch nicht überall gleich dicht verbunden sind. Einzelne in der übrigen Masse unregelmässig abgeschlossene Partien desselben führen Luft in ihren Intercellularräumen, und durch den Wechsel ganz geschlossenen, dunkleren Parenchyms mit luftführendem, daher heller erscheinendem wird das gleichmässige Ansehen in der Farbe des Gewebes gestört, es kommt, zu Folge der Anordnung beider zu einander, ein Bild heraus, in welchem dunklere anastomosirende Adern eine hellere Grundmasse zu durchziehen scheinen. Diesem nur der Farbe nach verschieden scheinenden, in Wirklichkeit sonst fast gleichmässigen Grundgewebe liegen als zweites Element, auf dünnen Durchschnitten leicht erkennbar, dunkel gefärbte Hyphen eingebettet. Sie folgen, oft strangweise zusammenliegend, dem Verlaufe des luftfreien Grundgewebes und bestehen aus Fäden von dunkler gelbbrauner Farbe, welche man in guten Präparaten oft über weite Strecken in ziemlich geradem Verlaufe unterscheiden kann. In den besten Zuständen, welche ich an Tuber rufum zu sehen Gelegenheit hatte, welche aber immer schon an einzelnen Stellen Auskeimung und Sporenbildung zeigten, waren die dunklen Hyphen durch Scheidewände in

---

Pilzen vorkommen. Sie wird vielleicht für die Erklärung der Lebensweise ausdauernder Fruchtkörper von Pilzen einige Anhaltspunkte geben, die ja viele Jahre hindurch wachsen, doch wohl kaum anders als durch selbständige Ernährung ohne Mitwirkung der Mycelien der Geschlechtsgeneration.

längliche Zellen getheilt. Sie bilden ein continuirliches Schlauchsystem, welches den ganzen riesigen Fruchtkörper der Tuberaceen durchzieht. Diese Hyphenzüge sind bereits von *Vittadini* gesehen worden und von ihm als venae internae, lineae obscuriores bezeichnet. *Tulasne* betont sie später ausdrücklich, vorzugsweise ihre Beziehungen zur Sporenbildung; ich theile die betreffende Stelle unten in der Anmerkung mit[1]).

Bei der Auskeimung der Trüffeln wachsen nur die einzelnen Zellen der dunklen Fäden aus, verzehren hierbei das umgebende Grundgewebe und bilden seitlich Ascen mit Sporen. Der Prozess der Keimung und die weitere Entwicklung bis zur Reife geht bei hinreichender Feuchtigkeit im Boden vor sich (natürlich ohne jede Ernährung von Aussen) und nimmt bis zum völligen Verzehr des Grundgewebes, bis zur Umwandlung des ganzen Innern in eine dunkle Masse von Sporen, Monate in Anspruch. — Diese Verhältnisse der Structur, der Auskeimung und Reifung der Trüffeln entsprechen durchaus den bei Penicillium gefundenen Thatsachen, die ungekeimte Trüffel entspricht dem Sclerotium, die gereifte Frucht den reifen Fruchtkörpern von Penicillium. Hier wie dort geht die Umwandlung von Sclerotium in Fruchtkörper ausschliesslich im Innern ohne äusserlich wahrnehmbare wesentliche Veränderungen vor sich. — Ueber den Ursprung und die erste Entwicklung der Trüffeln ist der Schlüssel in Penicillium gegeben. Sie entstehen ohne Zweifel auf Mycelien erster Generation durch geschlechtlichen Vorgang, sind also die zweite ungeschlechtliche Generation; die Mycelien erster Generation gehen mit dem vollendeten Wachsthume der Trüffeln zu Grunde wie bei Penicillium, ihre Existenz fällt vor die Ausbildung der Trüffeln, nach deren Vollendung sie nicht mehr zu finden sind.

Wir haben hiernach in Penicillium einen Pilz gefunden, der abgesehen von seinen morphologischen und biologischen Details für sich, in diesen zugleich Licht verbreitet über eine Gruppe von Pilzen, die wie die Tuberaceen, bisher

---

[1]) *Tulasne*, Champignons hypogés p. 35: Etudiées à l'aide du microscope composé, les lignes humides et colorées dont nous parlons présentent à peu près la même texture que le reste du parenchyme dont elles font partie. Les cellules de leur tissu sont cependant plus allongées. Les lignes (au mieux les minces couches dont elles représentent l'épaisseur) ne contiennent jamais de sporanges; mais, bien différentes en cela des veines aerifères, elles engendrent ces organes sur leurs deux faces, et conduisent sans doute jusqu' à eux les liquides nourriciers qui viennent du dehors.

wenig gekannt und, weil es an den richtigen Angriffspunkten für eine Untersuchung fehlte, auch wenig untersucht sind. Bevor nun weitere Untersuchungen vorliegen, reichen die vorhandenen Kenntnisse bei den Tuberaceen nicht aus, dem Penicillium einen bestimmten Anknüpfungspunkt auszumitteln. Bei Elaphomyces Leveillei bildet *Tulasne*[1]) dem Penicillium so ähnliche dicke ascentragende und dünne myceliale Fäden ab, dass man unwillkürlich an nahe verwandtschaftliche Beziehungen beider Pilze erinnert wird. Ich möchte desshalb nach dem gegenwärtigen Standpunkt unserer Kenntniss der Tuberaceen, nach den nahen Beziehungen von Penicillium zu diesen, speciell zur Gattung Elaphomyces, anderseits nach manchen Uebereinstimmungen mit Eurotium, Penicillium als Verbindungsglied ansehen, welches die Erysipheen, wenn man Eurotium zu diesen rechnet, an die Tuberaceen anschliesst, und diese mit den übrigen Gliedern der Ascomyceten natürlich verbindet[2]).

---

[1]) *Tulasne*, Champignons hypogés, Taf. XIX, III.

[2]) Auch für die Basidiomyceten, speciell die Gastromyceten und deren Verwandten dürfte in der Entwicklungsgeschichte von Penicillium Idee und Anregung für die Aufnahme neuer Untersuchungen gegeben sein, vornehmlich in dem Umstande, dass bei Penicillium mit der Befruchtung das Ascogon sofort auswächst, und eine Verbindung mit dem umgebenden sterilen Gewebe eingeht. Bei Penicillium war die Untersuchung nur allein möglich, weil bei den reifen Sclerotien in den Gruppen und Strängen kleinzelligen Gewebes die ascogonen Fäden vom sterilen Gewebe unterscheidbar waren und so nach vorwärts und rückwärts verfolgt werden konnten. Ob diese Unterscheidung aber überall möglich ist und vom Beginn der Bildung des Fruchtkörpers bis zu Ende verfolgt werden kann, muss im speciellen Falle die Untersuchung ergeben. Eben diese Unterscheidung zweier verschiedener Hyphenelemente in einem heranwachsenden Fruchtkörper muss in erster Linie beobachtet werden und es dürfte, wenn in einem Falle, wie hier bei Penicillium, dic Untersuchung zu Ende geführt ist, genügen, in anderen die Verschiedenheit der beiden den Fruchtträger constituirenden Hyphen soweit zu erweisen, dass aus den einen die sporenabschnürenden Basidien direct hervorgehen, die anderen bei der Sporenbildung nicht betheiligt sind.

Es liegt aber auch nicht ausser dem Bereiche der Möglichkeit, dass an der Bildung der grossen Fruchtkörper der Hymenomyceten ein steriles Geflecht vom Mycelium der Geschlechtsgeneration nicht betheiligt ist, dass vielmehr der Fruchtkörper sich ausschliesslich aus der befruchteten weiblichen Zelle bildet. Diese kann ja vielleicht bis zu einem bestimmten Punkte vom mütterlichen Organismus ernährt werden und sich dann später durchaus selbständig weiter entwickeln. Wäre dies der Fall, so stellte der Fruchtkörper der Hymenomyceten die zweite Generation in Form einer selbständigen mächtigen Pflanze dar, wie wir sie bei den Gefässcryptogamen aus der Eizelle des Archegoniums, bei den Phanerogamen aus dem Keimbläschen des Embryosackes hervorgehen sehen. Wir hätten dann bei den Pilzen eine Reihe von Organismen, in welcher sich die Grössenverhält-

Selbstverständlich kann der hier neu gegründete Ascomycet keinen neuen Namen bekommen. Das bisherige »Penicillium« reicht vollkommen aus. Das frühere Penicillium, die ungeschlechtlichen Fruchtträger, sind die Conidienform des jetzt gefundenen eigentlichen Penicilliums. Es ist ein Missbrauch, wenn jedes Stück eines Pilzes einen Namen führt wie ein ganzer Pilz, aber dem ererbten Uebel ist leider nicht mehr abzuhelfen.

In der grossen Aehnlichkeit und Uebereinstimmung mit Elaphomyces und Tuber, den specifisch unterirdischen Pilzen, war der Gedanke nahegelegt, dass am Ende auch Penicillium seiner Natur nach ein unterirdischer Pilz sein möchte, der im Laufe der Zeit sich oberirdisch acclimatisirt hat in der Weise, dass an die Stelle geschlechtlicher Fortpflanzung eine massenhafte ungeschlechtliche Vermehrung trat, die bei den Tuberaceen bis jetzt nicht bekannt ist. Ich machte zu dem Ende noch eine Reihe neuer Culturen in Erde von verschiedener Beschaffenheit, oder vielmehr ich vergrub Aussaaten (Culturen) von Penicillium auf Brod in Erde. Die Culturen waren vom besten Erfolge begleitet und machen es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass Penicillium vorzugsweise unterirdisch zu normaler Fructification kommt. In der Erde ist ja auch der Sauerstoffzutritt geringer wie an der freien Luft, die dort obwaltenden Verhältnisse stimmen also mit denen überein, welche ich in allmählicher Verbesserung der Culturmethoden zur Bildung der Sclerotien herstellte. Noch weiter spricht für Penicillium als unterirdischen Pilz, dass die Sclerotien gegen Feuchtigkeit wenig empfindlich sind, dass sie jedoch durch längeres Liegen an der Luft, durch zu starkes Austrocknen verderben. Bis jetzt habe ich übrigens Penicillium-Sclerotien auch unter der Erde im Freien nicht finden können; sie sind zu klein, um leicht gesehen zu werden.

---

nisse der Geschlechtsgeneration und der ungeschlechtlichen Generation in ähnlicher Weise von Anfang zu Ende umkehren, wie dies von den Moosen zu den Gefässcryptogamen hinauf der Fall ist. Die hohe morphologische Gliederung der Fruchtkörper der Hymenomyceten, namentlich die Thatsache, dass es perennirende Hutpilze gibt, die jährlich an Dimensionen zunehmen, die sich doch höchst wahrscheinlich ganz selbständig ohne weitere Mitwirkung der Geschlechtsgeneration ernähren, sind Umstände, welche mit der hier kurz angedeuteten Idee nicht im Widerspruche stehen; wenigstens möchte ich glauben, dass bei einer eingehenden Untersuchung der Entwicklung des Basidiomyceten-Fruchtkörpers, die gewiss die nächste und wichtigste Aufgabe in der Mycologie ist, die Möglichkeit solcher Verhältnisse nicht ausser Acht zu lassen ist.

Anhang.

Tabellarische Uebersicht

der erfolgreichen Culturen von Penicillium, welche zu der vorstehenden Untersuchung ausgeführt wurden mit Angaben über deren Verlauf.

Aussaat von Conidien- oder Ascussporen auf Brod am:			Das Brod zur Gewinnung der Sclerotien geschlemmt am:			Gesammtmenge der gebildeten Sclerotien	Sclerotien von derselben Cultur trocken aufbewahrt bis:			Sclerotien von derselben Cultur zum Keimen aufbewahrt bis:			Beginn der Keimung der Sclerotien am:			Cultur unterbrochen am:			Vollkommene Reife der Slerotien am:			In der Cultur nicht gelungen.
Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	in Grammen.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	
9	II	1871	26	IV	1871	3,0				26	IV	1871		VI					1	XI	1871	
1 5 10	VI	—	1	VII	—	3,5	16	VII	1871	16	VII	—										verdorben.
10 16 21 27	IX	—	25	X	—	27,2				25	X											verdorben.
15	III	1872	1	IV	1872	2,2				1	IV	1872	18	V	1872	1	VIII	1872				
14	IX	—	1	X	—	4,3				1	X	—	14	XI	—	15	XII	—				
20	—	—	2	—	—	4,1				2	—	—	20	X	—	5	III	1873				
22	—	—	8	—	—	3,6				8	—	—	21	XI	—	15	III	—				
25	—		12	—	—	4,3				12	—	—	27	—	—	10	III	—				
30	—	—	16	—	—	12,2				16	—	—	1	XII	—	1	IV	—				
							1	—	—	1	—		17	XII					1	VI	1873	
							9	XI	1872	9	XI	1872	25	—	—	1	II	—				
3	X	—	20	X	—	24,5				20	X	—	10	—					22	IV	—	
							10	—	—	10	XI	—	2	I	1873				1	VI	—	
							27	—	—	27	—	—	15	II	—	1	V	—				
12	—	—	1	XI	—	16,2				1	—	—	16	XII	1872	16	I	—				
							16	—	—	16	—	—	2	I	1873	1	II	—				
							27	—	—	27	—	—	14	I	—	1	III	—				
							14	I	1873	14	I	1873	3	III	—				22	VIII	—	
16	X	—	1	XI		10,3				1	XI	1872	18	XII	1872	2	II	—				
							15	XI	1872	15	—	—	6	I	1873	1	IV	—				
							5	I	1873	5	I	—	25	II	—	15	VI	—				
22	XII	—	15	I	1873	15,5				15	I	1873	5	III	—				27	—	—	

150—180 Sclerotien wiegen 0,01 Gramm, hiernach ist die Gesammtmenge der durch Cultur gewonnenen und in den angegebenen Variationen zur Reife cultivirten Sclerotien der Zahl nach leicht zu bestimmen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. $\frac{1}{300}$. Gestalt der Conidiensporen von Penicillium und deren Keimung in Nährlösung bei schwacher Vergrösserung. *a* die Sporen der Conidienträger, *b* die Keimung der Sporen in Fruchtsaft.

Fig. 2. $\frac{1}{800}$. Sporen von Penicillium und deren Keimung bei stärkerer Vergrösserung beobachtet. *a* Sporen, *b* deren Keimung in Fruchtsaft mit dem protoplasmatischen Inhalte gezeichnet.

Fig. 3. $\frac{1}{400}$. Junges Mycelium von Penicillium noch vor der Fructification, aus einer Conidienspore in Fruchtsaft auf dem Objectträger gezogen. *a* die ursprüngliche Keimspore, *bb* Mycelfäden welche aus dieser hervorgewachsen sind mit protoplasmatischem Inhalte gezeichnet.

Fig. 4. $\frac{1}{400}$. Stück eines älteren Myceliums, dessen Fäden mit einander durch Fusion der Wände verschmolzen sind. Die Figur ist einer Objectträgercultur von Conidiensporen des Penicillium in Fruchtsaft entnommen.

Fig. 5. $\frac{1}{630}$. Aufbau zweier Fruchtträger von Penicillium und deren Sporenbildung in einer feuchten Kammer direct beobachtet. Die einzelnen Figuren sind im Zeitraume von 2—2½ Stunden gezeichnet von Morgens 7 Uhr bis Abends 8 Uhr. I. 1—7. Ein Fruchtträger mit unsymmetrischer einseitiger Verzweigung. 1. Fruchtträger vor der Sporenbildung, *a* Fruchtträger, *b* Endzelle, *c* Seitenzweig der nächst unteren Gliederzelle, *d* Basidie. 2. Beginn der Sporenbildung *a—d* wie in 1, *e* sporenabschnürendes Sterigma, *f* erste abgeschnürte Spore. Die weiteren Figuren 3—7 sind nach ihren Bezeichnungen von selbst verständlich. II. 1—7. Ein Fruchtträger mit symmetrischer Verzweigung, Bezeichnungen wie in I.

Fig. 6. $\frac{1}{120}$. Ein kleines Mycelium von Penicillium mit ungeschlechtlichen Fruchtträgern fructificirend. *a* die Keimspore, *b* das aus ihr hervorgegangene Mycelium, *c* Fruchtträger. Das Mycelium wurde aus einer Spore (*a*) auf dem Objectträger in einem Tropfen Fruchtsaft durch Cultur gewonnen. Die Fruchtträger (*c*) lassen sich mit einem Blick direct auf die Keimspore genetisch zurückverfolgen.

Tafel II.

Fig. 7. $\frac{1}{120}$. Stücke von ungeschlechtlich fructificirenden Penicillium-Mycelien, welche auf Objectträgern gezogen sind. Die Mycelien wurden hier mit dem Beginn der Fructification nach vorsichtigem Aufsaugen und Verkleinern des Culturtropfens im feuchten Raume weiter cultivirt. In Folge der hierdurch geschwächten Ernährung und des gesteigerten Luftzutrittes wurden die Myceläste sehr bald zu Fruchtträgern, sie rückten (*a*) den langsam fortwachsenden Mycelenden immer näher, bis endlich (*b*) alle gebildeten Aeste und die Enden selbst zu Fruchtträgern werden.

Fig. 8. $\frac{1}{630}$. Verschiedene Formen von Penicilliumfruchtträgern, welche sämmtlich aus Ascussporen eines Fruchtkörpers von Penicillium auf dem Objectträger erzogen wurden. 1—2 unverzweigte Fruchtträger von sehr schlecht ernährten Krüppelmycelien, 3—10 verzweigte Fruchtträger sehr üppigen Mycelien entnommen. In den Figuren 3—10 ist nur ein Theil der vorhandenen sporenabschnürenden Basidien sichtbar, die anderen sind durch die vorderen verdeckt und darum nicht durch die Zeichnung wiederzugeben. (In dieser Figur 8 sowohl wie in der Figur 5 der ersten Tafel sind die Sporenketten nicht ganz natürlich gerathen, die Sporen berühren sich fast mit ihren Rändern, ihre Verbindung ist in der Wirklichkeit enger als in der Zeichnung.)

Fig. 9. $\frac{1}{20}$. Ein sehr üppiges und reich fructificirendes Mycelium aus einer Spore auf dem Objectträger gezogen. Die Mitte *a* ist vor der Fructification gezeichnet, die Keimspore ist bei der Vergrösserung nicht zu unterscheiden, ihre Lage wird durch die von der Mitte ausstrahlenden Mycelfäden angedeutet. Die Mitte wurde natürlich später überdeckt durch die dicht zusammenstehenden ungeschlechtlichen Fruchtträger, deren äusserer Rand in *b* gezeichnet ist. Die Masse der Fruchtträger *b* schreitet nach Aussen fort, in dem Masse als die reichst verzweigten Mycelfäden sich centrifugal ausdehnen. Das Mycelium gleicht schliesslich einer verfilzten Haut, die Masse der Fruchtträger einer dicken Kruste die auf ihr liegt.

Tafel III.

Fig. 10. $\frac{1}{630}$. Geschlechtsorgane von Penicillium, welche sich verschlungen und vielleicht copulirt haben, Ascogon und Pollinodium einem dicken zergliederten Mycelfaden aufsitzend.

Fig. 11. $\frac{1}{630}$. Dieselben nach eingetretener Befruchtung. *a* befruchtetes Ascogon, *b* sterile Fäden, die in seiner Nähe gleich nach der Befruchtung auftreten.

Fig. 12. $\frac{1}{630}$. Vorgeschrittener Zustand. *a* das mit der Befruchtung auswachsende Ascogon, *b* sterile Fäden, welche es beinahe umschliessen.

Fig. 13. $\frac{1}{630}$. Ein junger Fruchtkörper mit seinen zwei verschiedenen Elementen; in der Mitte *a* das sich verzweigende Ascogon in mehrfacher Lage umschlossen von den sterilen Hyphen.

Fig. 14. $\frac{1}{630}$. Zwei verwachsene junge Fruchtkörper, sehr fein durchschnitten. *a a* Verzweigungen des Ascogons, dessen Aeste sich in dem sterilen Geschlechte *b b* ausbreiten. Das letztere dichter verflochten und dadurch von den locker umgebenden Hyphen *c* durch einen Schatten abgesetzt.

Fig. 15. $\frac{1}{630}$. Etwas weiter entwickelte Zustände von jungen Fruchtkörpern auf sehr feinen Durchschnitten. 1 ausführliche Zeichnung, *a* die ascogonen Hyphen, *b* das zum Gewebe geschlossene sterile Geflecht. 2 und 3 ähnliche Zustände wie 1, nur im Umriss gezeichnet. *a* die ascogonen Hyphen in der Mitte von *b*, dem sterilen Geflecht. 4 drei verwachsene junge Fruchtkörper auf dem Durchschnitt mit dem je in ihnen gelegenen verzweigten Ascogon.

Fig. 16. $\frac{1}{300}$. Weiter entwickelter junger Fruchtkörper im Durchschnitt schwach, vergrössert. *a* ascogone Fäden von dem sterilen Gewebe *b* umschlossen; die Zellen des letzteren in der nächsten Umgebung der ascogenen Fäden kleiner, hier wurde früher das Hyphengeflecht, aus welchem sie durch endlichen Zusammenschluss zum Gewebe hervorgegangen sind, durch ihr Einwachsen zusammengedrückt.

Fig. 17. $\frac{1}{300}$. Durchschnitte von mehreren halbausgewachsenen jungen Fruchtkörpern; 1 vollständig ausgezeichnet, 2 nur in Umrissen angegeben. 1 *a* die ascogonen Fäden in Mitte des sterilen Gewebes, welches sich zu strecken und weiter zu differenziren beginnt. In der Umgebung der ascogonen Fäden sind die Zellen klein, in der Mittelzone bei *b* zwischen dem Rande *c* und der Mitte *a* findet die stärkste Streckung statt; *d* Hyphengeflecht in der Umgebung des Fruchtkörpers. 2 zwei verwachsene Fruchtkörper auf derselben Entwicklungsstufe wie 1; *a* ascogone Fäden, *b* steriles Gewebe, *c* Randzone.

Fig. 18. $\frac{1}{300}$. Durchschnitt eines ausgewachsenen jungen Fruchtkörpers im Beginn der Verdickung der Membranen. *a* die ascogonen Hyphen im Querschnitt und schräger Ansicht mit ihrer nächsten Umgebung aus kleinen sterilen Zellen in dem grossmaschigen Grundgewebe (*b*) Rosetten darstellend; *c* Randzone des Grundgewebes aus tangential gestreckten Zellen gebildet, von welchen durch beginnende Verdickung ihrer Membranen das ausserhalb gelegene nicht verdickte Gewebe und Hyphengeflecht abgestossen wird. Die Verdickung der Zellen im Fruchtkörper beginnt in den Rosetten *a* und der Randzone *c* und ist hier durch stärkere Linien angedeutet.

Tafel IV.

Fig. 19. $\frac{1}{15}$. Fruchtkörper, fertige Sclerotien von Penicillium sehr schwach vergrössert. *a* einfache Sclerotien in extremen Grössen, *b* verwachsene Sclerotien verschiedenster Art.

Fig. 20. $\frac{1}{300}$. Ein fertiges Sclerotium mittlerer Grösse im radialen Durchschnitt. *a* gelbe theilweise verkorkte Randzone des sterilen Gewebes aus kleinen nicht tangential gestreckten Zellen bestehend mit vertrocknetem körnigem Inhalte, welcher der Innenseite der Zellenmembran aufgelagert ist. Am äusseren Rande der Zone befinden sich in kleinen Vorsprüngen spurenhafte Reste des Gewebes, welches ausserhalb der im Rande eintretenden Zellverdickung lag und nach dem Vertrocknen abgestossen wurde. *b* das innere sterile Gewebe

aus mehr radial gerichteten grösseren Zellen bestehend, welche einen protoplasmatischen Inhalt nicht erkennen lassen. In den stark verdickten Membranen zweier aneinander stossender Zellen ist eine Mittellamelle deutlich unterscheidbar, welche im Mikroskope etwas violett erscheint und in den Zelllagen der Randzone zur dunklen Linie wird. Die Membranen sind getüpfelt, die Tüpfel aber nicht offen, sondern durch eine dünne Membranplatte geschlossen. Von der Fläche gesehen haben die Tüpfel das Ansehen runder oder ovaler Poren mit starkem Randschatten, im Profil sieht man die durchbrochene Stelle als Spalt mit geschweiften Rändern, in der Mitte die dünne Zwischenlamelle. Die Tüpfel sind in dieser Figur nicht überall ausgezeichnet, sondern oft nur als dicke Linien zwischen zwei Zellen angedeutet. *c c* die ascogonen Fäden von sehr kleinen Zellen des sterilen Gewebes umgeben und dadurch deutlich hervortretend. Oben in der Figur befinden sich Fäden im Längsverlauf und an einer Stelle verzweigt, unten im Querschnitt deutliche Rosetten darstellend. Die Verdickung der Zellenmembranen ist in diesem Sclerotium sehr mächtig und bis zur Unkenntlichkeit der Gestalt der Zellen vorgeschritten, deren ursprüngliche Form vor der Verdickung durch die Mittellamelle bezeichnet wird.

Fig. 21. $\frac{1}{800}$. Querschnitt eines kleineren Sclerotiums in etwas tangentialer Richtung geführt. Die Randzone *a* erscheint mächtiger, das sterile Füllgewebe *b* weniger radial gerichtet; die ascogonen Hyphen *c* sind nur im Querschnitt vorhanden, mit ihrer Umgebung aus kleinen sterilen Zellen Rosetten bildend. Die Zellverdickung ist in diesem Sclerotium weniger mächtig, die Zellen in fast natürlicher Gestalt erkennbar. Die in dem Querschnitt im Profil vorhandene Tüpfel sind hier ausgezeichnet, und in der Randzone durch dunkle Linien angedeutet.

Fig. 22. $\frac{1}{300}$. Durch Maceration in verdünnter Salpetersäure und chlorsaurem Kali freipräparirte Zellen eines Sclerotiums. *a* Zellen der Randzone, *b* Zellen des sterilen Füllgewebes.

Fig. 23. $\frac{1}{300}$. Radialer Querschnitt eines Sclerotiums mässiger Grösse nach 7wöchentlicher Cultur auf feuchtem Fliesspapier; Beginn der Auskeimung der ascogonen Fäden vom Centrum aus. *a* und *b* wie in Figur 20 und 21, *c* ein wiederbelebter ascogoner Faden noch ohne Scheidewände von den gleichsam corrodirten kleinen Zellen des Füllgewebes noch umgeben, *d* ein anderer Arm eines ascogonen Fadens, welcher schon in einzelne Gliederzellen zerfallen ist, in seiner nächsten Umgebung dünne myceliale Fäden, (deren Ursprung vom dicken Faden hier nicht sichtbar ist) welche hier das kleinzellige sterile Gewebe in der Umgebung des ascogonen Fadens schon an einer Stelle gelöst haben, *e* ascogone Rosetten am Rande des Sclerotiums, welche noch unverändert im Dauerzustande geblieben sind.

Fig. 24. $\frac{1}{300}$. Radialer Querschnitt eines grösseren Sclerotiums in etwas weiter vorgeschrittenem Stadium der Keimung acht Wochen nach der Cultur. *a* und *b* wie früher, *c* ein wiederbelebter, durch Querwände schon gegliederter ascogoner Faden im Längsverlauf, *d* ein anderes Stück eines Fadens, welcher aus einer Gliederzelle Sprossen zweierlei Art erzeugt, dickere später

ascenerzeugende in Art einer Arabeske verästelt, und dünne myceliale, welche das Gewebe verzehren und die dicken ernähren; *e* ascogones Fadenstück schräg verlaufend gerade an der ausgekeimten Gliederzelle durchschnitten den gleichen Ursprung beider fadigen Sprosse der dicken und der dünnen aus einer Gliederzelle zeigend. *f* ein von unten nach oben verlaufendes Fadenstück von mycelialen Fäden umgeben, deren Ursprung nicht sichtbar ist; *g* leere Höhlung aus welcher die ascogonen Fäden herausgefallen, einige Stückchen der dünnen mycelialen Fäden aus der Verbindung geschnitten, an einer Stelle in dem corrodirten Gewebe hängen geblieben; *h* Rosetten am Rande des Sclerotiums, in deren Mitte sich der ascogone Faden zu beleben beginnt. — Es sind mit eingetretener Auskeimung dreierlei Fäden im Sclerotium zu unterscheiden. Der ursprüngliche ascogone embryonale Faden, welcher einen Arm des befruchteten und verzweigten Ascogons darstellt, und die zwei fadigen Sprosse, welche aus einer Gliederzelle des embryonalen Fadens stammen, von denen der dicke Ascen erzeugt, der dünne steril bleibt. Da hier folglich zwischen den ascogonen Mutterfäden und den ascenerzeugenden Tochtersprossen derselben zu unterscheiden ist, beide aber wegen der Aehnlichkeit in der Bezeichnung leicht verwechselt werden können, so wäre es im Interesse der Klarheit wohl besser, erstere in allgemeiner Bezeichnung embryonale Fäden zu nennen.

Tafel V.

Fig. 25. $\frac{1}{300}$. Radialer Querschnitt eines grossen Sclerotiums, 9 Wochen cultivirt. Keimung der ascogonen Fäden in der Mitte sehr vorgeschritten, am Rande noch ungekeimte Rosetten *g g*. *a* und *b* wie früher; *c* und *d* Auswachsen der dicken (ascenerzeugenden) und dünnen (mycelialen) Sprosse aus ein und derselben Gliederzelle des ascogonen Fadens; *e* dicke und dünne Sprosse weiter entwickelt, die Höhlung des verzehrten sterilen Gewebes ausfüllend, die dicken in der Mitte, die das Gewebe verzehrenden dünnen am Rande; *f* eine ausgefallene Stelle der Auskeimung. Das sterile Gewebe des Sclerotiums ist in dieser Figur sehr gross mit nicht besonders stark verdickten Membranen.

Fig. 26. $\frac{1}{300}$. Ein radialer Querschnitt eines grossen Sclerotiums, 10 Wochen nach der Cultur. *a* und *b* wie früher; *c c* die leeren Höhlungen, aus welchen der ganze Keimapparat herausgefallen ist, das allmähliche Aufzehren des sterilen Gewebes in den dünnen Membranresten, welche in die Höhlung hineinragen, veranschaulichend; *d* eine erhaltene Stelle; *e e* erst eben beginnende Auskeimungen der ascogonen Fäden am Rande des Sclerotiums. Das sterile Gewebe ist hier von ausnehmender Grösse, seine Membranen sind stärker verdickt wie in der vorigen Figur.

Fig. 27. $\frac{1}{630}$. Ascogone Fäden im Beginn der Keimung der Sclerotien durch Maceration frei gelegt. Die Gliederung der Fäden ist eingetreten, aber noch keine Auskeimung der Gliederzellen.

Fig. 28. $\frac{1}{630}$. Auskeimende ascogone Fäden verschiedener Art für sich gezeichnet, einer grossen Menge von Präparaten entnommen. *a* ascogone Fäden im normalen Längsverlauf, 1 gegliederter ascogoner Faden, 2 dicker später ascenerzeugender Spross, dünner mycelialer Spross, beide einer Gliederzelle des ascogonen Fadens entsprungen. *b* auskeimender ascogoner Faden, welcher in die Mitte einer querdurchschnittenen Rosette (4) ausmündet. *c* ascogone Fäden im schrägen Verlaufe quer durchschnitten gerade an der auskeimenden Zelle, Bezeichnungen wie in *a*.

Fig. 29. $\frac{1}{630}$. Ascogone Fäden in vorgeschrittener Auskeimung. 1 gegliederter ascogoner Faden, 2 ascenerzeugender Spross einer Gliederzelle des ascogonen Fadens mit seiner eingerollten Spitze und Aesten in Form von Arabesken, $2_{|}$ Profilansicht eines dicken Sprossarmes, 3 myceliale Fäden reich verzweigt.

Fig. 30. $\frac{1}{630}$. Weiter vorgeschrittene Zustände der Auskeimung und Entwicklung der ascenerzeugenden und mycelialen Sprosse. In einzelnen Figuren haben mehrere Zellen des ascogonen Fadens ausgetrieben in der sichtbaren Länge; Bezeichnung wie in Fig. 29.

Fig. 31. $\frac{1}{630}$. Dieselben im letzten Stadium, in welchem die ursprünglichen Verhältnisse noch zu unterscheiden sind. 1 gegliederter ascogoner Faden, 2 ascenerzeugender Spross auf ihm mit zahlreichen Seitenästen, welche später zu Ascen werden, indem sie mit fortschreitendem Längenwachsthum in den kurzen Grenzen zweier Biegungen zu länglichen Birnen (4) anschwellen, deren jede nach weiterer Gliederung durch Scheidewände zu einem Ascus wird, $2_{|}$ Profilansicht von ascenerzeugenden Sprossen, 3 myceliale Fäden reich verzweigt.

Fig. 32. $\frac{1}{300}$ Ansicht des jungen Pilzes (zweite ungeschlechtliche Generation), in ascenerzeugende und myceliale Fäden gegliedert, wie er als Parasit in dem Sclerotium lebt bei schwächerer Vergrösserung, *a* in einer Profil, *b* in einer Seitenansicht.

Fig. 33. $\frac{1}{630}$. Spitzen von ascenerzeugenden Hauptaxen in verschiedener Art und Entwicklung; einfach verzweigte Axen. *a* die Endzelle, welche sich einrollt und später wieder nach oben biegt mit jedesmaliger Wendung einen Seitenast bildend. b^1 bis b^5 Seitenäste in verschiedenen Stadien der Fortbildung, welche sehr schnell mit der Entfernung von der Spitze fortschreitet. Zwischen b^2 und b^3 oder b^3 und b^4 beginnt die Gliederung der Hauptaxe. Zwischen je zwei Seitenästen tritt eine Scheidewand auf, so dass also jede Gliederzelle einen Seitenast trägt. Der erste Seitenast tritt stets auf dem Rücken der eingerollten Spitze *a* der Hauptaxe auf, und ist hier als kleiner Höcker b^1 sichtbar.

Tafel VI.

Fig. 34. $\frac{1}{300}$. Etwas tangentialer Querschnitt eines grossen Sclerotiums, 3 bis 3½ Monat nach der Cultur. Sämmtliche ascogone Fäden sind ausgekeimt, und haben sich durch den Verzehr des sterilen Gewebes zu einer grossen mit Fäden angefüllten Höhlung im Innern des Sclerotiums vereinigt. *a* Randzone,

b steriles Gewebe, *c* myceliale Fäden, welche direct mit dem umgebenden noch nicht verzehrten sterilen Gewebe in Berührung stehen und dieses allmählich lösen und verzehren; *d* ascenerzeugende Fäden, welche in diesem Zustande schon reife Ascenzweige tragen. *e e* Krystalldrusen und regelmässige Krystalle von oxalsaurem Kalk.

Fig. 35. $\frac{1}{630}$. Spitze eines verzweigten ascenerzeugenden dicken Fadens, dessen seitliche Verzweigungen fast in einer Ebene liegen. *a* oberes Ende, Spitze, *b* hinteres Ende an welchem die Axe des Fadens abgebrochen ist.

Eig. 36. $\frac{1}{630}$. Spitzen zweier ascentragender Fäden, das obere Ende im Profil, das hintere abgebrochene schon mit fast reifen Ascenzweigen versehen. *a* ohne einen mycelialen Faden, *b* mit einem solchen.

Fig. 37. $\frac{1}{630}$. Myceliale dünne Fäden verschiedener Form frei präparirt. Die angeschwollenen Enden sind wahrscheinlich Zellen der Hauptaxe des ascentragenden Fadens, an welchem sie entstanden sind. Die Fäden sind mit Querwänden versehen, welche zum grösseren Theil erst dann sichtbar werden, wenn sie ausser Verband mit den ascogonen Fäden getreten sind durch deren Absterben an den hinteren reiferen Theilen.

Fig. 38. $\frac{1}{630}$. Stücke von fructificirenden dicken Fäden, deren ascentragende Seitenäste reif hier schon theilweise abgefallen, dort noch in Form eines dicken Knäuels erhalten sind.

Fig. 39. $\frac{1}{630}$. Ascenketten in den verschiedenen Zuständen der Sporenbildung meist noch an der Mutterzelle der Hauptaxe sitzend, welche sich losgegliedert hat.

Fig. 40. $\frac{1}{630}$. Hauptaxen, von welchen die Ascenzweige meist abgefallen sind. *a* mycelialer Faden, der noch haftet, *b* schlangen- oder zickzackförmig gebogene Hauptaxe aus einzelnen kurzen Gliederzellen aufgebaut, deren jede ein blosses Rudiment oder auch Stücke (*c*) von Ascenzweigen trägt. In e i n e r Figur sind die Ascenzweige in zartem Contour (*c*) schematisch um die Hauptaxe ergänzt, ein vollständiges Bild des Pilzes in seiner Sporenreife zu geben.

Fig. 41. $\frac{1}{630}$. Vollständig von Ascenzweigen befreite Axen. Jede Gliederzelle derselben ist mit einer kurzen Ausstülpung versehen, welche den Seitenast trug, der abgefallen ist. In einem Bilde dieser und der vorhergehenden Figur (an welchen die engere Bezeichnung *a* und *b* fehlen) ist die Hauptaxe verzweigt.

Fig. 42. $\frac{1}{400}$. Form von Krystalldrusen und regelmässigen Krystallen von oxalsaurem Kalk der beim Verzehr des sterilen Gewebes durch die mycelialen Fäden ausgeschieden wird. *a* Krystalldrusen, *b* und *c* regelmässige Krystalle. Die letzteren gehören dem quadratischen Systeme an, sind in der Flächenansicht *b* scheinbar reguläre Octaeder, deren reguläre Form aber aufhört, wenn man sie in die Profilansicht *c* bringt, wo es sich dann zeigt, dass sie dem quadratischen und nicht dem regulären System angehören.

Fig. 43. $\frac{1}{300}$. Ansicht eines Querschnittes von einem 5—6 Monate cultivirten Sclerotium. *a* gelbe Randzone, *b* steriles Füllgewebe, *c* myceliale Fäden, *d* ascentragende Fäden, *e e* Drusen und Krystalle von oxalsaurem Kalk, *f* reife Sporen mit zerfallenen Axen und mycelialen Fäden gemischt. Die Hauptaxen sterben mit der Sporenreife der Ascen an den hinteren Enden, also in der Mitte des Sclerotiums ab, während sie an ihren Spitzen der Peripherie zu weiterwachsen.

Fig. 44. $\frac{1}{300}$. Reifes mit Ascussporen angefülltes Sclerotium 7—8 Monate nach der Cultur. *a* gelbe Hülle, frühere Randzone, die erhalten bleibt und als Blase die Sporenmasse umschliesst, *e* Drusen und Krystalle, *f* reife Sporen. Die Sporen füllen das Sclerotium etwa zu Zweidrittel aus, sind aber unvermeidlicher Weise zum grössten Theile aus dem Schnitt herausgefallen.

Tafel VII.

Fig. 45. $\frac{1}{800}$. Ascussporen von Penicillium, *a* von oben, *b* von der Seite gesehen. (Bei *a* steht aus Versehen eine Figur welche zu *b* gehört.)

Fig. 46. $\frac{1}{800}$. Keimung von Ascussporen in concentrirtem Fruchtsaft, *a* durch völliges Zerspalten des Exosporiums in zwei Hälften, *b* durch einseitiges Oeffnen desselben.

Fig. 47. $\frac{1}{800}$. Bildung von Keimschläuchen aus den keimenden Sporen.

Fig. 48. $\frac{1}{400}$. Mycelbildung aus den Keimschläuchen, *a* Keimspore mit anhängenden Klappen des Exosporiums, *b* Mycelium. Dies Mycelium ist vollkommen identisch mit dem der Figur 3 Tafel I, welches aus einer Conidienspore in Fruchtsaft gezogen wurde.

Fig. 49. $\frac{1}{180}$ und $\frac{1}{630}$. Kleines Mycelium aus einer Ascusspore gezogen, welches an einzelnen Fäden mit ungeschlechtlichen Conidienträgern fructificirt, die im ersten Blick auf die Keimspore mit anhängendem Exosporium genetisch zurückverfolgt werden können. I. *a* Ascusspore, *b* Mycelium, *c* Fruchtträger, II der mittlere Theil des Myceliums mit der Keimspore und ihren Klappen stärker vergrössert.

Fig. 50. $\frac{1}{120}$ und $\frac{1}{630}$. Ein grösseres mit Conidienträgern reich fructificirendes Mycelium aus einer Ascusspore in Fruchtsaft gezogen. I *a* Ascusspore in der Mitte des Myceliums *b*, *c* Pinsel von Penicillium, deren jeder auf die Keimspore mit ihren Klappen zurückgeführt werden kann. II die Keimspore mit ihrer nächsten Umgebung stärker vergrössert. — Die Bilder der Figur 49 und 50 entsprechen genau der Figur 6 auf Tafel I. Der einzige Unterschied besteht in der Keimspore, die hier eine Ascusspore mit ihrem charakteristischen Exosporium, dort nur eine einfache Conidienspore ist.

Tafel VIII.

Fig. 51. $\frac{1}{180}$ und $\frac{1}{630}$. Krüppelmycelien mit Fruchtträgern aus einer Ascusspore in sehr verdünntem Fruchtsaft gezogen. Die Figuren zeigen den Zusammenhang des Penicilliumfruchtträgers mit der Ascuskeimspore durch das kleine Mycelium in der einfachsten Weise. I*a* Keimspore, *b* Mycelium, *c* Fruchtträger von Penicillium. In II ist immer die auskeimende Spore der entsprechenden Hauptfigur zur besseren Verdeutlichung bei starker Vergrösserung noch einmal gezeichnet.

Fig. 52. $\frac{1}{40}$. Penicillium als Parasit in einem Kopfe von Mucor lebend. Die Figur dient zur Illustration des von anderen Mycologen behaupteten und nachgewiesenen Zusammenhanges von Penicillium und Mucor; man sehe hierüber den Abschnitt der Literatur von Penicillium. *a* Stiel von Mucor (Phycomyces) nitens Kunze, *b* dessen Sporangium mit Sporen- und massenhafter Zwischen-

substanz zwischen ihnen. In der quellenden Zwischensubstanz lebt Penicillium sein Mycelium dort reich verzweigend und bis tief in den Fruchtträger nach Durchbohrung der Columelle hinabsendend, *c* Fruchtträger von Penicillium, welche vom Mycelium im Sporangium nach allen Richtungen nach Aussen gehen.

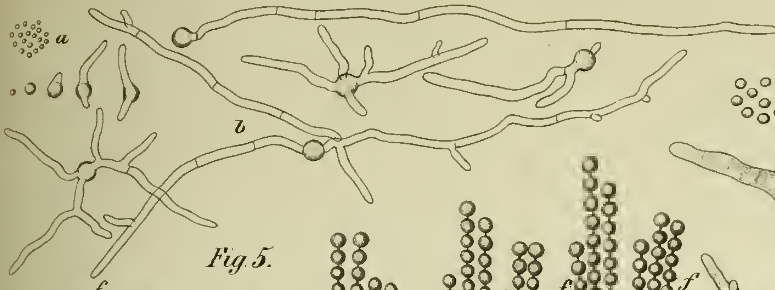
Fig. 53. $\frac{1}{40}$ und $\frac{1}{400}$. Ein altes Sclerotium in welchem die embryonalen Fäden durch zu langes Aufbewahren keimunfähig geworden sind, welches aber mehrere Wochen nach der Cultur aus den inneren Zellen des sterilen Gewebes Conidienträger bündelweise hervorbringt. *a* Sclerotium, *b* Conidienträger, *c* eine der auskeimenden Zellen des sterilen Gewebes.

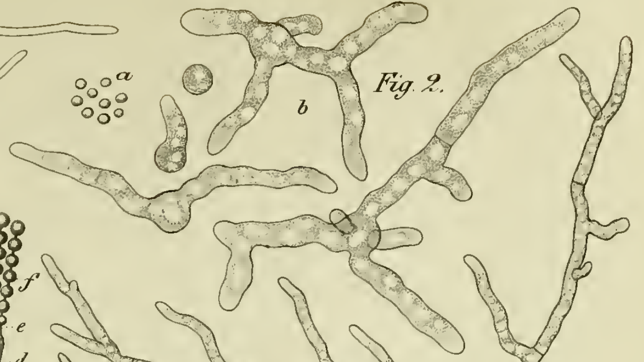
Fig. 54. $\frac{1}{30}$. Coremiumform von Penicillium von der Oberfläche einer Birne genommen, deren Inneres von Penicilliummycel durchwuchert war. *a* Bündelweise zu einem dicken Stiel vereinigte sehr lang gewachsene Fruchtträger, *b* ihre hutförmig vereinigten sporenabschnürenden Köpfe.

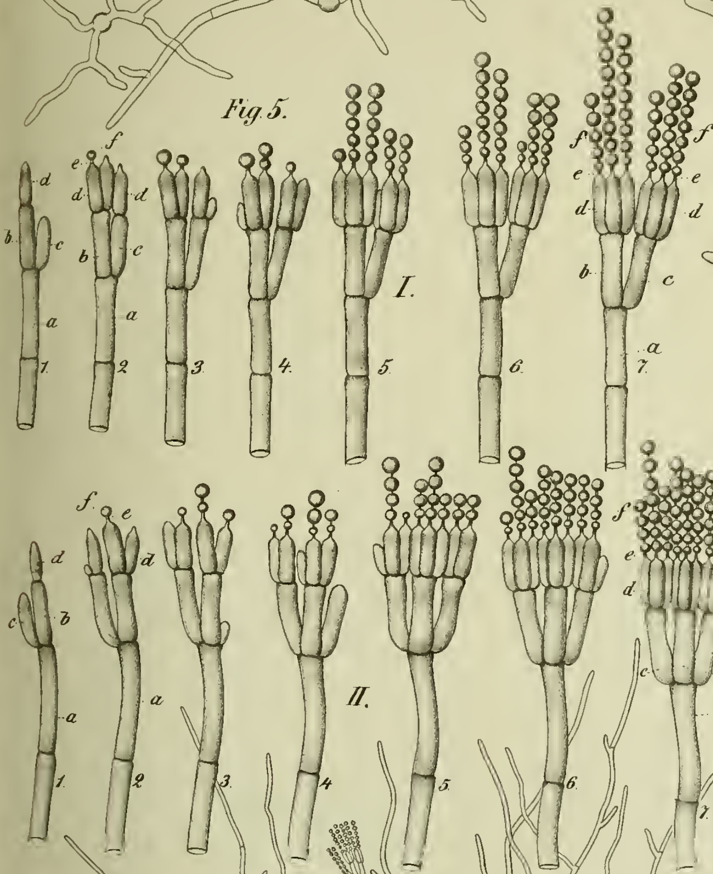
Fig. 55. $\frac{1}{300}$. Sehr tangentialer Schnitt eines kleinen Sclerotiums. Die Randzone *a* erscheint hier auf tangentialem Schnitt sehr mächtig, das sterile Füllgewebe nur noch von drei embryonalen Fäden durchzogen, welche im Querschnitt getroffen in *c c* Rosetten bilden. *d* die Keimspore eines nicht sicher ermittelten Pilzes, wahrscheinlich Pleospora herbarum, welcher mit seinem Keimschlauche *e* in das Sclerotium eingedrungen ist und sein Mycelium *f f* die Zellwände des sterilen Gewebes *b* durchbrechend im Sclerotium ausbreitet.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

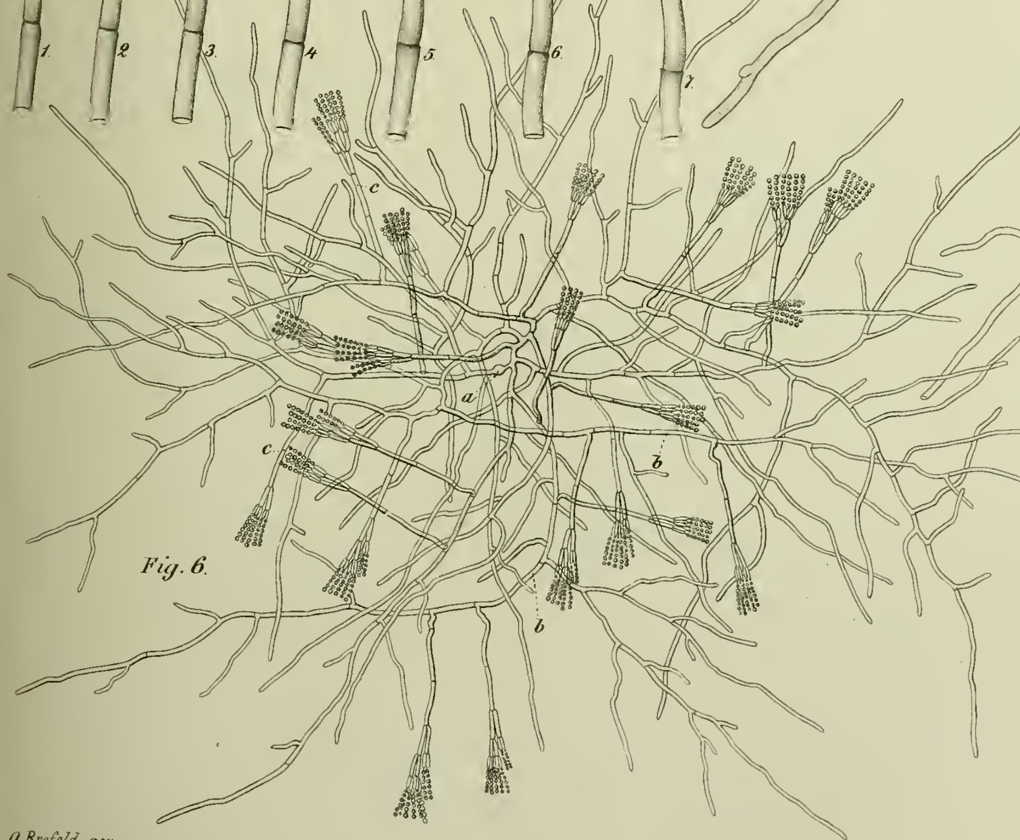
Taf. I.

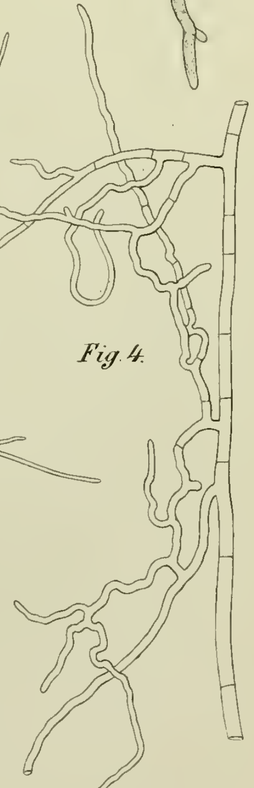










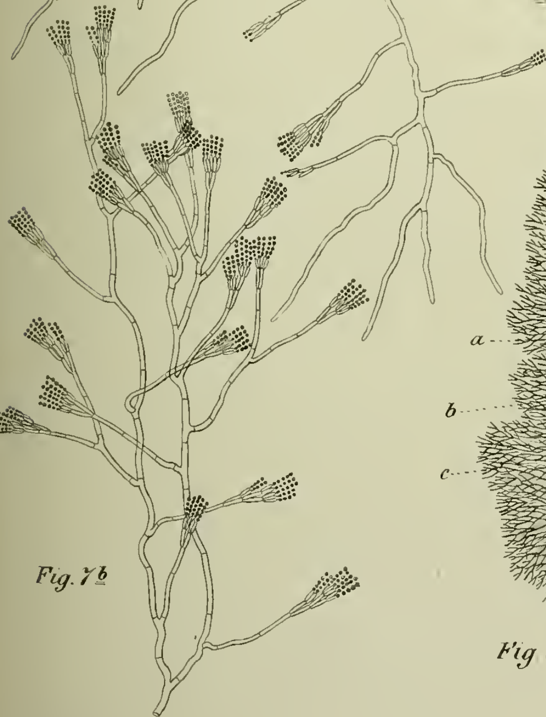


O Brefeld gez.

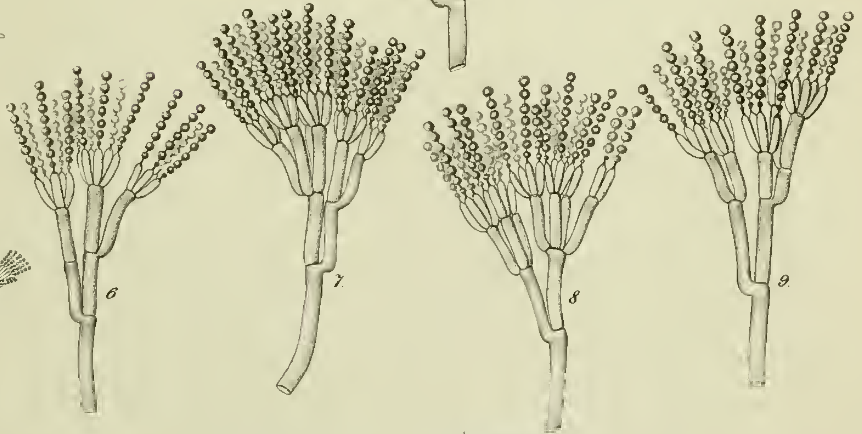
C.F. Schmidt lith.

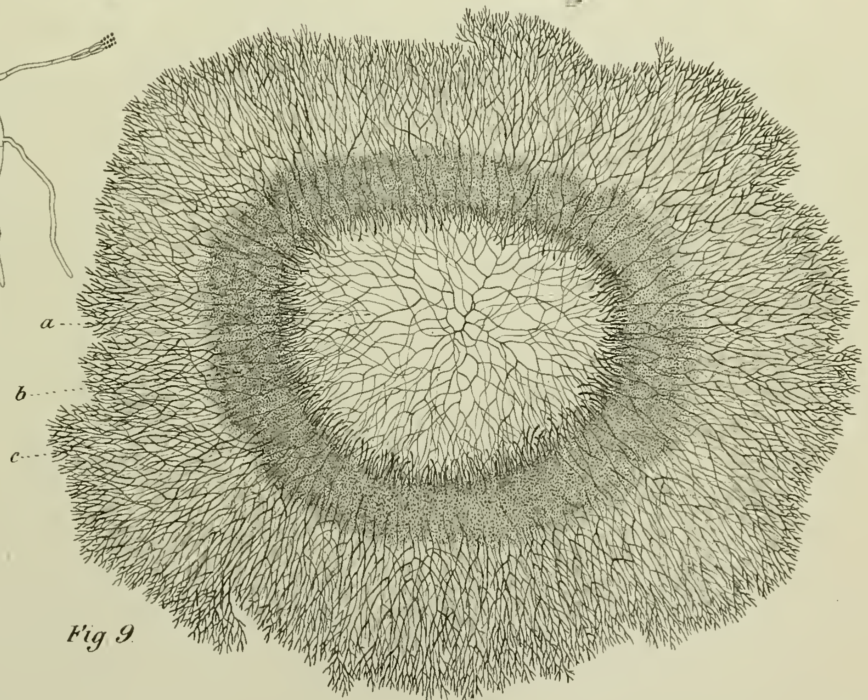
Taf. II.





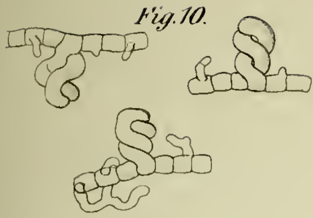


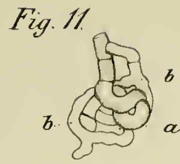


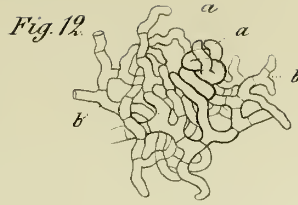


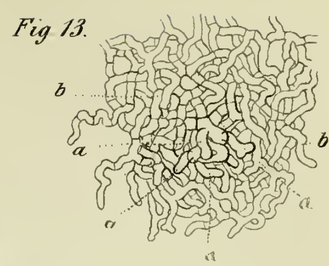
O Brefeld gez.

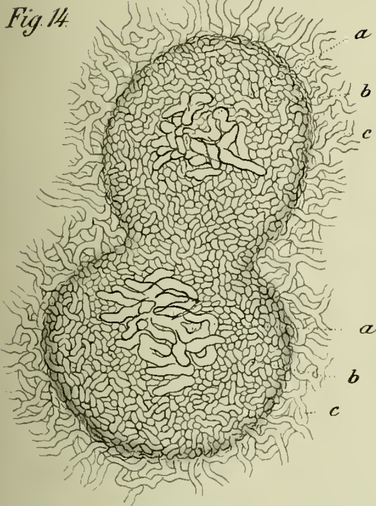
C F Schmidt lith

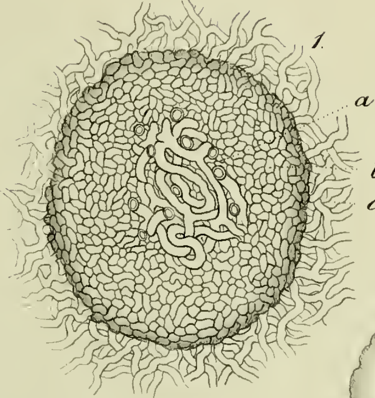


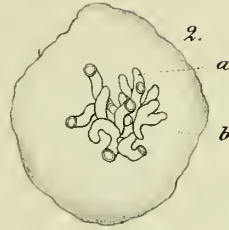


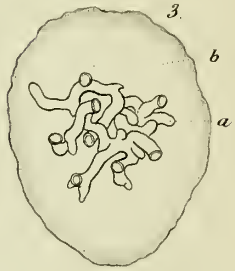


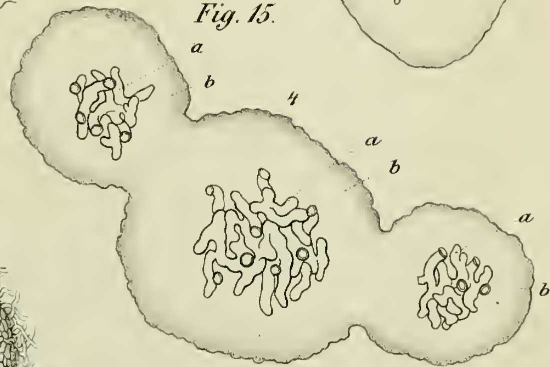


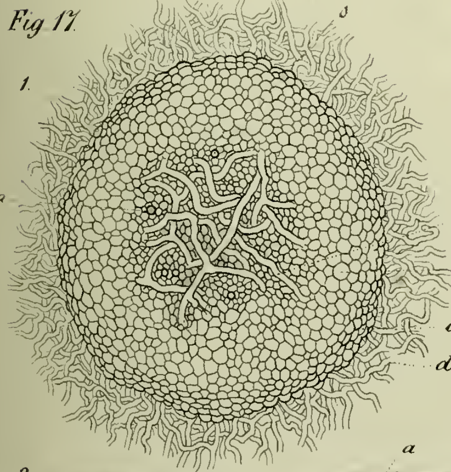


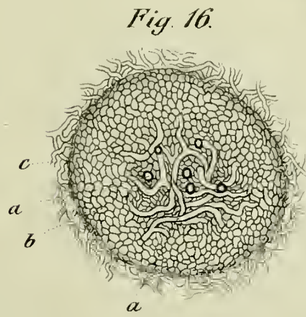


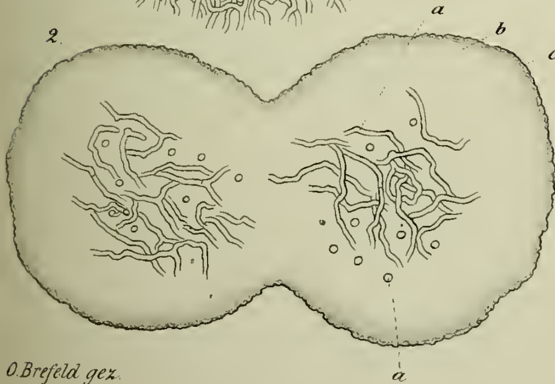


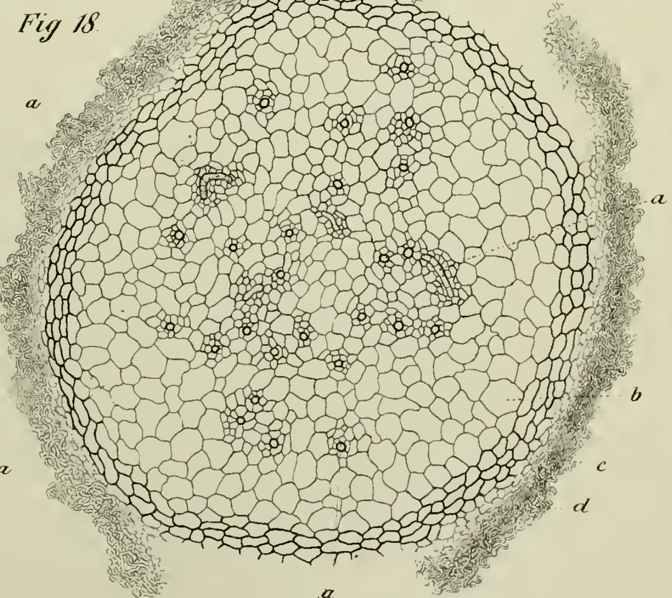






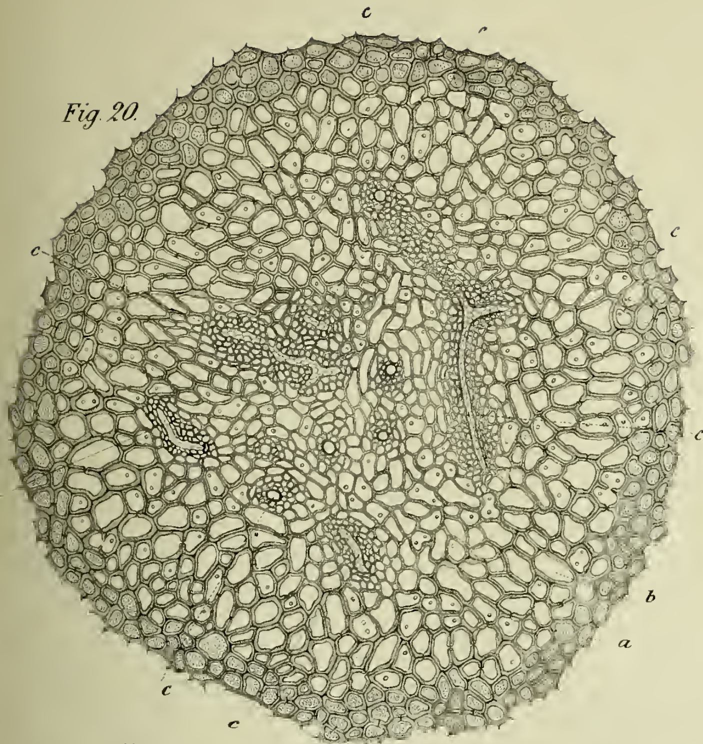


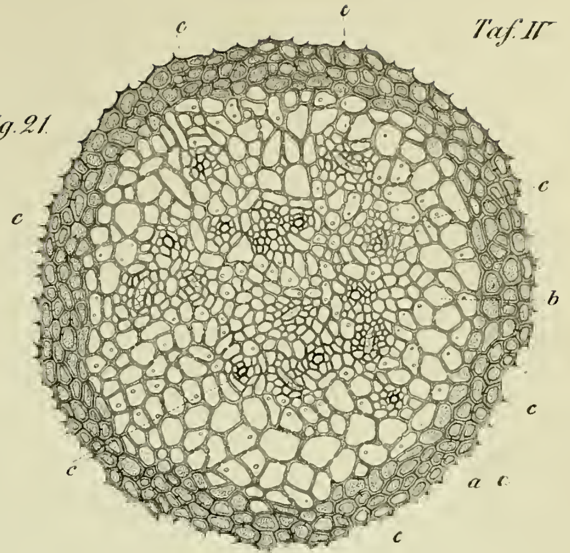


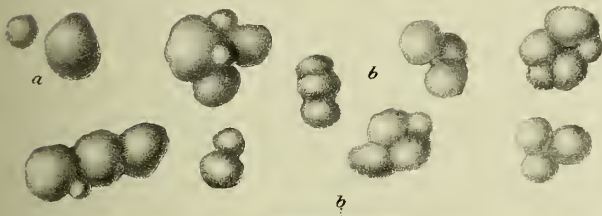


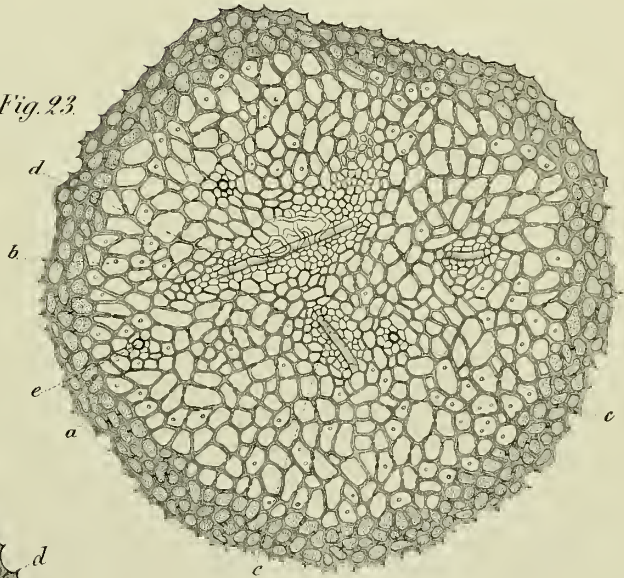
O. Brefeld gez.

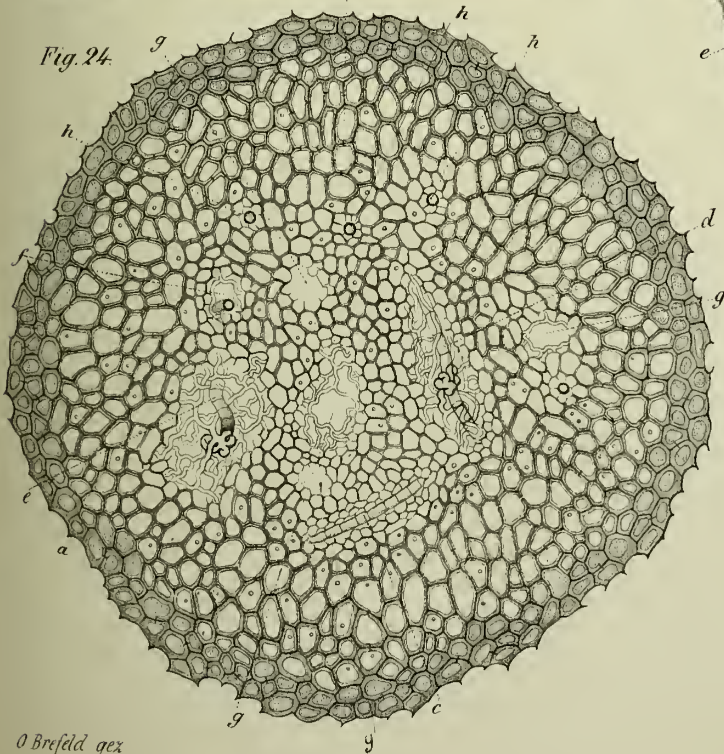
C. F. Schmidt lith.

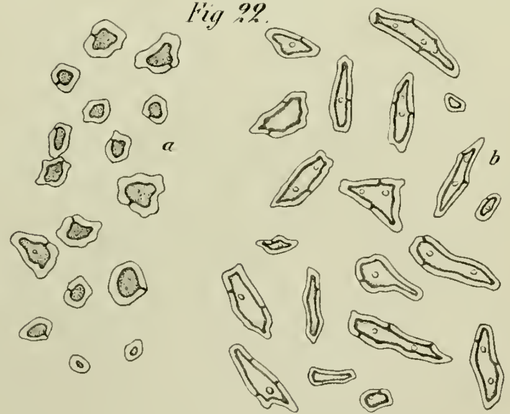






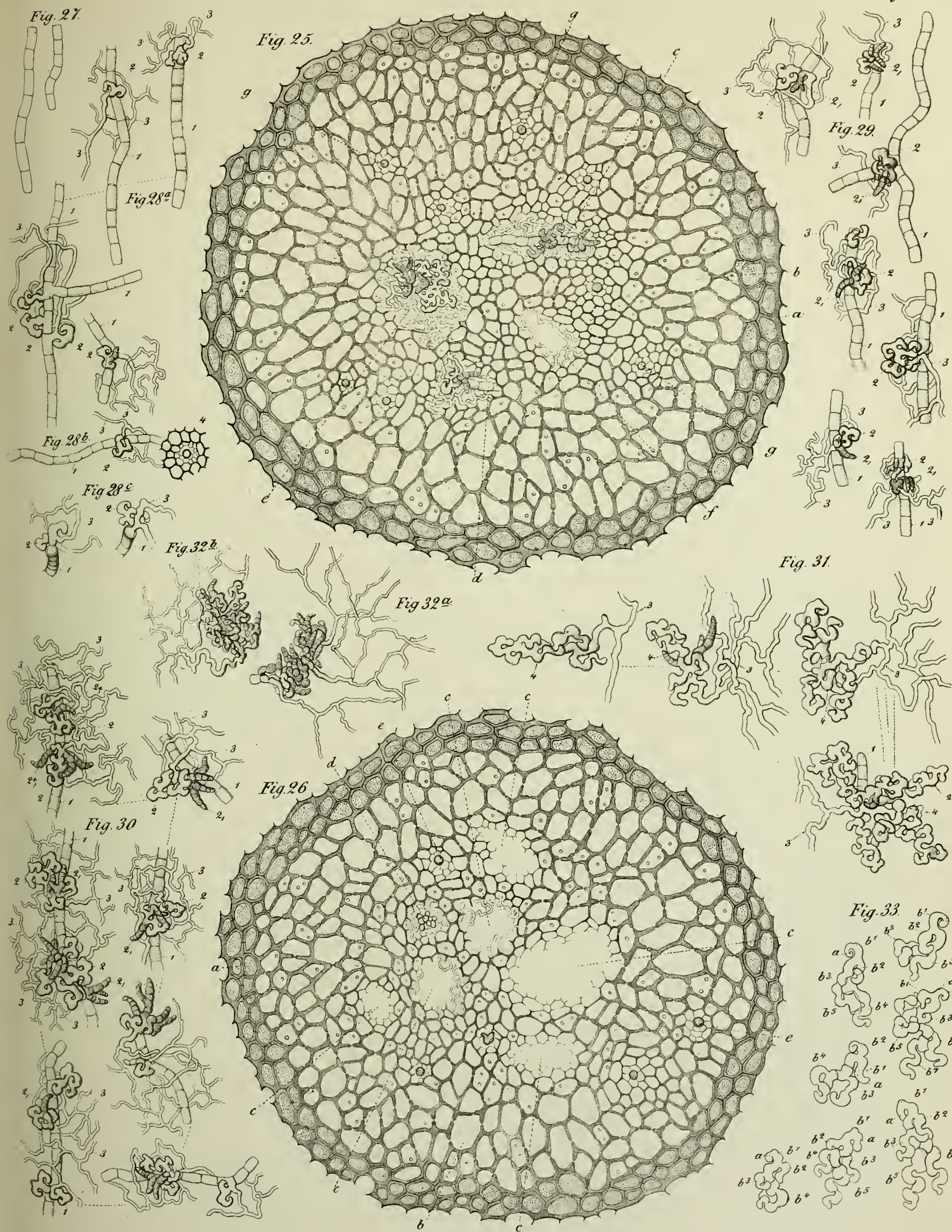






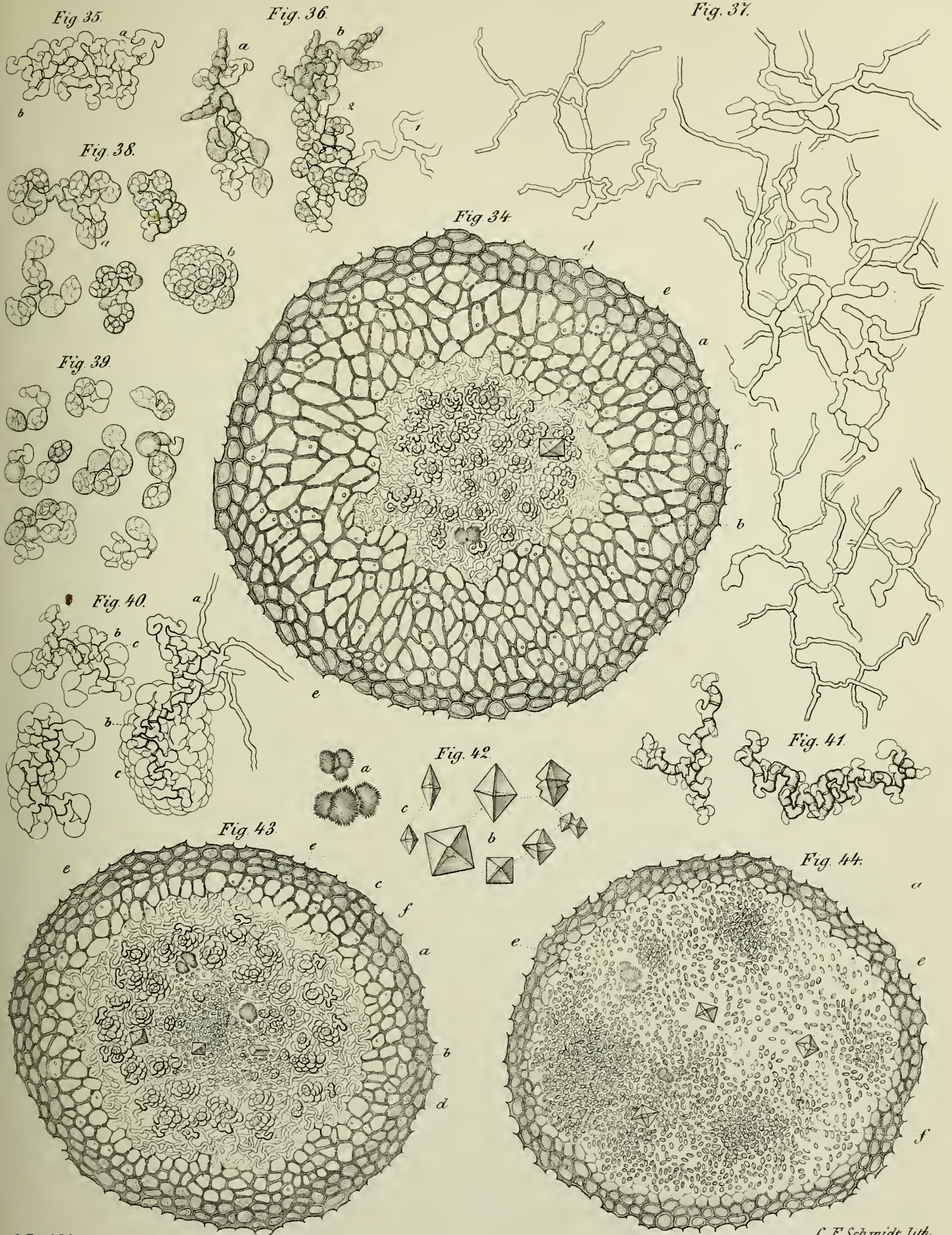
O Brefeld gez.

C F Schmidt lith.



O. Brefeld gez. C. F. Schmidt lith.

Taf. VI.

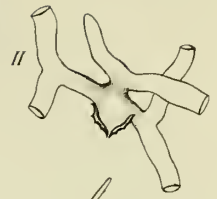


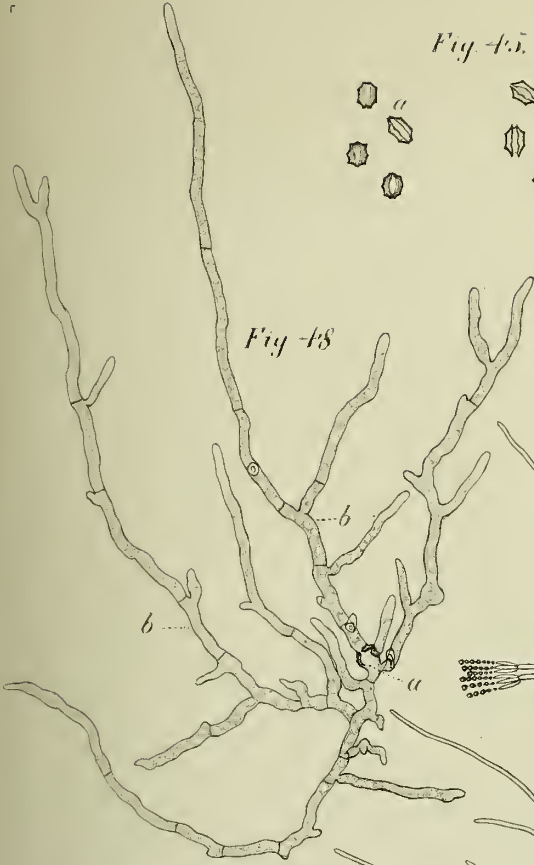
O. Brefeld gez.

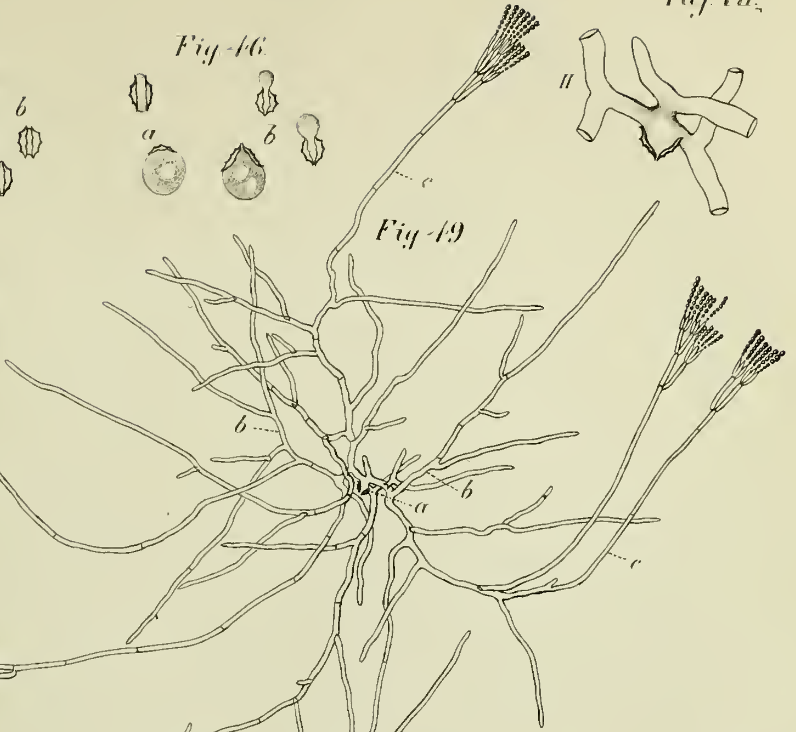
C. F. Schmidt lith.



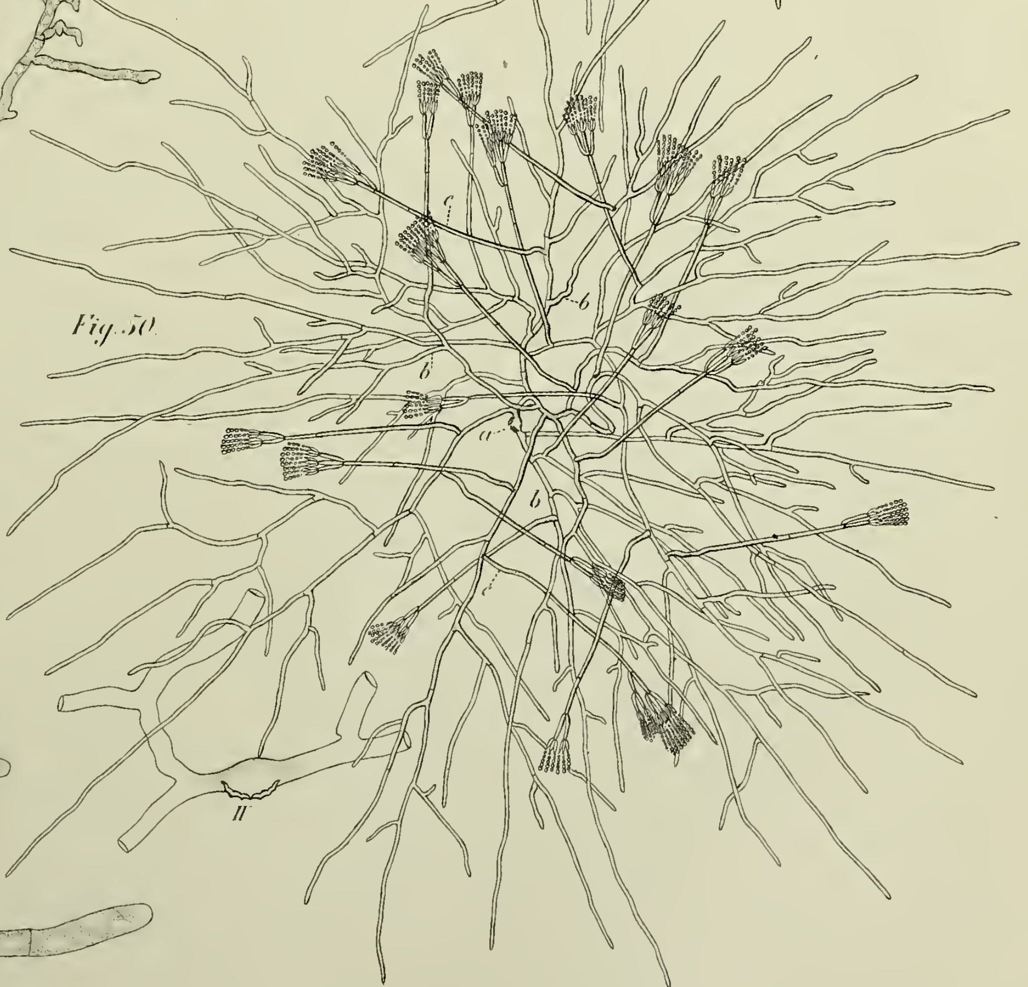




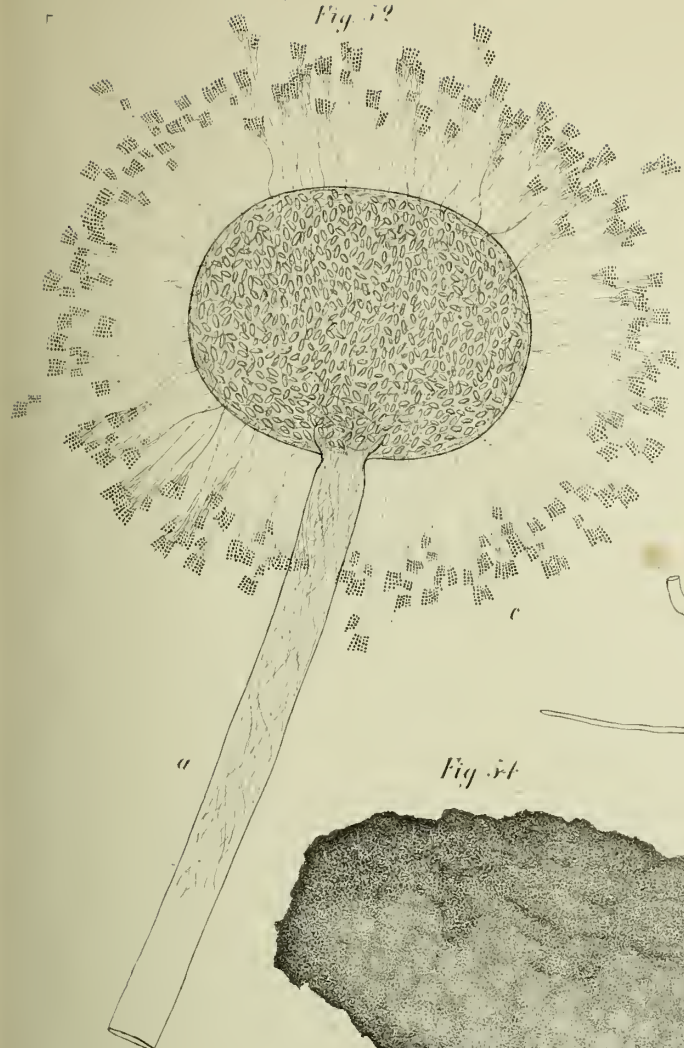




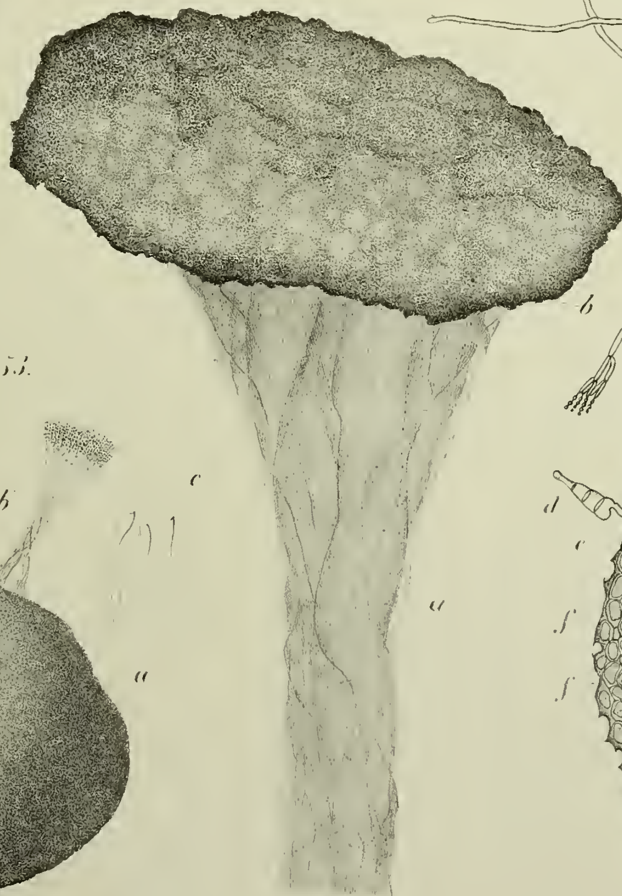


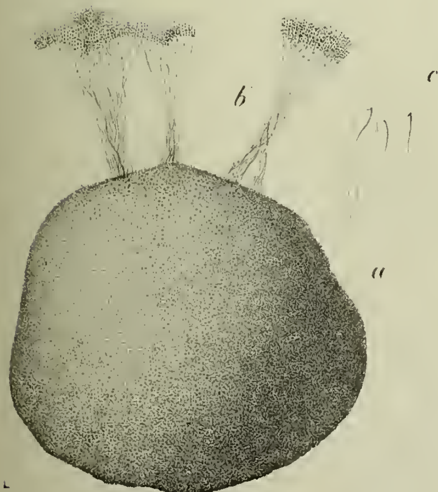


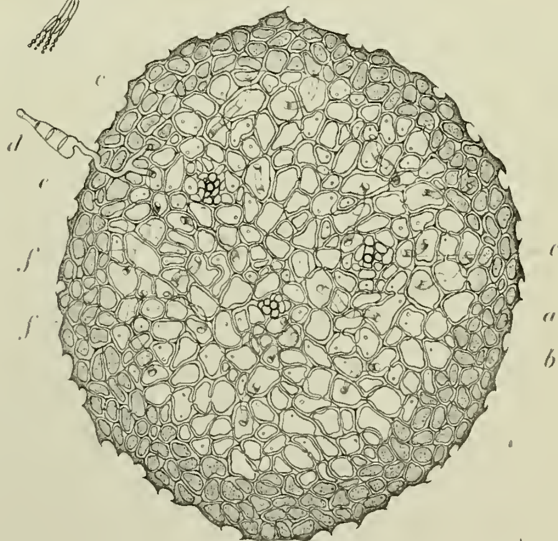
O. Brefeld gez.











O. Brefeld gez.

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

DR. OSCAR BREFELD.

III. Heft:

Basidiomyceten I.

Mit 11 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG
VERLAG VON ARTHUR FELIX
1877.

Vorrede.

Es lag ursprünglich in meiner Absicht, in dem vorliegenden III. Hefte der Schimmelpilze eine Monographie der Zygomyceten als Fortsetzung des ersten mitzutheilen. Die inzwischen gewonnene Einsicht, dass es unmöglich ist, in so kurzer Frist die umfassenden Untersuchungen zum Abschluss zu bringen, welche für eine Aufgabe dieser Art nothwendig sind, hat mich bestimmt, deren Publication für spätere Hefte zu verschieben.

Indem ich mit dem III. Hefte die Reihe der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen „der Basidiomyceten" eröffne, der grössten Pilzformen, welche es gibt, die eben wegen ihrer Grösse eingehenden und exacten Beobachtungen bislang unzugänglich geblieben sind, deute ich zugleich meine Absicht an, über die Schimmelpilze im engeren Sinne in den ferneren Publicationen an dieser Stelle hinauszugehen und sie über die gesammte Mycologie auszudehnen.

Bereits im Jahre 1870 habe ich die hier als erste Serie zusammengestellten Untersuchungen über die Basidiomyceten begonnen; sie wurden aber in den folgenden Jahren wegen zu grosser Schwierigkeiten in der Beobachtung wiederholt für längere Zeit verlassen, seit mehr als zwei Jahren indess ohne Unterbrechung fortgesetzt.

Die Zeichnungen für die letzte Hälfte der Tafeln sind grösstentheils vom Herrn Stud. *W. Zopf* ausgeführt, dem ich für seine Mitwirkung meinen besten Dank ausspreche.

Für ein IV. Heft der Schimmelpilze sind die Arbeiten bereits abgeschlossen, es wird dem dritten bald nachfolgen.

Berlin, im Februar 1877.

Der Verfasser.

Inhalt.

Wenn wir den gegenwärtig erreichten Standpunkt der mykologischen Forschung zu überblicken versuchen, wenn wir namentlich die Summe der bis jetzt geförderten thatsächlichen Kenntnisse den Erfahrungen gegenüberstellen, welche drei Decennien vorher gewonnen waren, so bekommen wir den Eindruck eines grossen Fortschrittes. Kaum auf einem andern Gebiete der Botanik dürfte die wissenschaftliche Thätigkeit in der gleichen Zeitfrist eine regere gewesen sein und noch sein, als dies für die Pilzkunde zutrifft.

So erfreulich indess das Bild der Entwicklung in dem Rahmen der Vergangenheit hervortritt, so glänzend auf ihm eine Fülle von blendendem Detail an den einzelnen Stellen, in nächster Nähe besehen, sich abhebt, so anders gestaltet sich der Eindruck, wenn wir einen weiteren Abstand nehmen, um es in seiner Gesammtheit mit den grösseren Anforderungen innerer harmonischer Verbindung der Einzelheiten zu betrachten. Sogleich erscheint das Einzelne, wenn auch vorher scheinbar vollendet für sich, doch unverbunden mit der Umgebung und darum unvollendet und mangelhaft; andere Stellen sind verschwommen und unklar, und nicht eben klein sind die Strecken, auf welchen sich die ersten schwachen Contouren der Gestaltung zur Unkenntlichkeit verlieren. Das Ganze macht den Eindruck des Unvollendeten nicht minder wie den des Unverbundenen; trotz alles Fortschrittes, trotz aller Thätigkeit steht unsere Erkenntniss in der Mykologie kaum auf der Höhe der übrigen botanischen Disciplinen.

Freilich liegen auch hier die Verhältnisse anders. Die Untersuchung selbst hat äussere Hindernisse ganz ungewöhnlicher Art zu überwinden; die Beobachtung hat an allen Ecken mit Schwierigkeiten zu kämpfen, die gar oft der Grenze der Möglichkeit sich zuzuneigen scheinen; Gefahren der Täuschung, des Irrthums begleiten sie fort und fort; in der Möglichkeit einer Verwechslung ist eine neue, auf anderen Gebieten der Forschung unbekannte Klippe gegeben,

an welcher der wissenschaftliche Werth gar vieler Ergebnisse — wie die Literatur noch neuen Datums warnend ausweist — Schiffbruch litt, und jäh in den Abgrund der Vergessenheit hinabzusinken gar früh bestimmt war. Es liegt darum in der Natur der Sache, dass unter solchen Umständen der methodische Fortschritt nicht anders als langsam und allmählich erfolgen kann, wenn es auch nicht dem leisesten Zweifel unterliegen dürfte, dass er bei genügender Zähigkeit und planmässigem Vorgehen mit der Zeit ein durchschlagender sein wird.

Vorzugsweise an zwei Stellen machen sich gegenwärtig die erwähnten Schwierigkeiten geltend: einmal dort, wo die Formen zu sehr an Grösse abnehmen und schliesslich zu Gebilden von solcher Kleinheit herabsinken, dass sie schon an und für sich unsern optischen Hülfsmitteln schwieriger zugänglich werden; das andere Mal nach der entgegengesetzten Seite, allwo die Formen so gross werden, dass sie durch ihre Grösse die andere Schwierigkeit herbeiführen, nämlich die der übersichtlichen continuirlichen Beobachtung.

Der letzte Fall trifft vorzugsweise bei den höchst organisirten und morphologisch am reichsten gegliederten Pilzformen, bei den Basidiomyceten zu, welche die mannichfach gestalteten Formen der grösseren Hutpilze und Schwämme etc. in sich fassen. Wie sie auf der einen Seite die Gruppe der grössten, auffälligsten und schönsten Formen in der Pilzflora darbieten, so repräsentiren sie auf der anderen Seite in der Pilzkunde den Abschnitt unserer greifbarsten und grössten Unwissenheit, und wenn sie auch durch ihre Grösse und auffällige äussere Form der Systematik am frühesten zugänglich wurden, so sind sie gleichwohl in ihren biologischen Verhältnissen der Wissenschaft am längsten unbekannt geblieben.

Literatur.

Die ältesten mykologischen Werke enthalten zahlreiche, später von bildlichen Darstellungen begleitete Beschreibungen der Pilze; die Pilziconographien, z. B. die prachtvollen Abbildungen von *Krombholz*[1]) sind zu $^3/_4$ mit Basidiomyceten ausgefüllt. Die Beschreibungen gehen nur wenig über habituelle Eigen-

---

[1]) *Krombholz*, Abbildungen und Beschreibungen der essbaren, schädlichen und verdächtigen Pilze. Prag 1831—1846.

thümlichkeiten fertiger Zustände hinaus. Darauf folgen Untersuchungen von fertigen Fruchtkörpern, die von vielen Autoren z. B. *Vittadini*, *Schmitz*, *Corda*, *Bonorden*, *Nees von Esenbeck*, *Hoffmann* etc. und ganz vozugsweise von *Tulasne*[1]) über fast sämmtliche Formen ausgedehnt wurden. Erst in den Arbeiten der neuesten Zeit ist die Differenzirung der Fruchtkörper aus jüngeren Bildungsstadien in einzelnen Fällen verfolgt. So hat beispielsweise *Sachs*[2]) in der angedeuteten Richtung Crucibulum, *de Bary*[3]) Phallus, Amanita rubescens, Agaricus campestris, Collybia etc., *Hartig*[4]) den Agaricus melleus und Trametes Pini untersucht. — Ueber die vegetativen Theile dieser Pilze liegen von älteren Autoren nur dürftige Angaben vor, welche auch in neuester Zeit nicht gar wesentlich vervollständigt wurden. Eben weil sie im festen Substrat leben, entziehen sie sich für die meisten Fälle der unmittelbaren Beobachtung. Nur vereinzelte Mycelfäden hat man gesehen und bemerkt, dass sie verzweigt sind, von Scheidewänden durchsetzt und an diesen Scheidewänden mitunter eigenthümliche Oesen besitzen, die man Schnallenzellen genannt hat. Höher entwickelte vegetative Zustände in Form von Strängen, Rhizomorphen etc. sind auffälligere Erscheinungen, sie sind darum vielfach im fertigen Zustande beschrieben, die Rhizomorphen namentlich oft untersucht worden. Und dass mit den Strängen Fruchtkörper oft in unmittelbarer Verbindung stehen, musste jede beliebige oberflächliche Untersuchung mit Nothwendigkeit ergeben.[5]) Bei Crucibulum, Phallus und Agaricus campestris wurden jugendliche Fruchtkörper in genetischer Verbindung mit den Strängen beobachtet und in der Differenzirung verfolgt. Besonders klar und schön wurde namentlich die Auskeimung des Agaricus melleus aus den Rhizomorphen in allen Stadien der Entwicklung von *Hartig*[6]) ermittelt. Bei verschiedenen Agaricinen, Clavarieen etc., z. B. Coprinus, Typhula sind Sclerotien bekannt geworden, deren Structur von *de Bary*[7]) beschrieben ist. Die Fruchtkörper keimen un-

---

[1]) Betreffs dieser älteren Literaturangaben verweise ich auf *de Bary*'s Morphologie der Pilze. Leipzig 1866, wo sie vollständig zusammengestellt sind, eine abermalige Anführung halte ich für überflüssig.

[2]) *Sachs,* Morphologie des Crucibulum vulgare, botanische Zeitung 1855.

[3]) *de Bary,* Morphologie der Pilze. Leipzig bei W. Engelmann 1866.

[4]) *Hartig,* Wichtige Krankheiten der Waldbäume. Berlin bei J. Springer 1874.

[5]) Man vergleiche die Literaturangaben in *de Bary*'s Morphologie.

[6]) *Hartig,* Agaricus melleus in den wichtigen Krankheiten der Waldbäume.

[7]) *de Bary,* Morphologie der Pilze. Leipzig 1866.

mittelbar aus den Sclerotien und für Coprinus gibt *de Bary* namentlich an, dass die Fruchtkörper aus der Oberfläche hervorwachsen. Die Sclerotien sind Producte aus den Mycelien; die Entwicklung des reifen Zustandes aus jugendlicheren Stadien beschreibt *de Bary* in seiner Morphologie der Pilze. — Ueber diese Thatsachen hinaus ist es wahrscheinlich, dass Stränge und Rhizomorphen von den Mycelien entstehen, wie dies Sclerotien thun, und das vereinzelte Vorkommen dieser Bildungen lässt schliessen, dass sie nur bei wenigen Formen auftreten, bei den meisten hingegen die Fruchtkörper direct auf den fädigen Mycelien erzeugt werden, deren Spuren sich im Boden verlieren.

Ueber die Entwicklung der vegetativen Zustände der Mycelien aus den Sporen, über die biologischen Verhältnisse der Mycelien, ihre morphologische Gliederung, ihre Ausdehnung, ihre Lebensdauer, ob sie mit der Erzeugung und Ausbildung eines oder mehrerer Fruchtkörper abschliessen, ob diese nach einander oder viele zugleich erzeugt werden, ob die Mycelien fortleben, nachdem sie gebildet sind, ob ausser den Fruchtkörpern noch andere Fructificationen auftreten und in welcher Reihenfolge dies geschieht, über die Entstehung der Stränge, Sclerotien und Rhizomorphen, über die erste Entstehung der Fruchtkörper, über ihre Differenzirung aus den ersten Elementen, über den hiermit im engsten Zusammenhange stehenden kritischen Punkt, ob sie aus einem Sexualacte hervorgehen, ob sie also Producte einer Sexualität oder ungeschlechtliche Bildungen sind, ob vielleicht bei der Bildung der Stränge, Sclerotien und Rhizomorphen oder sonst an irgend einem Wendepunkte der Entwicklung eine Sexualität verborgen liegt, ob in den Fruchtkörpern der natürliche Höhepunkt und der Abschluss der Entwicklung gegeben, oder ob über sie hinaus ein weiterer genetischer Zusammenhang besteht, — über alle diese Fragen von entschiedener Bedeutung liegen in der Literatur nur dürftige Notizen vor, und so lange sie nicht entschieden sind, müssen als natürliche Consequenz die weiteren Fragepunkte nach der systematischen Stellung, nach der natürlichen Verwandtschaft der Basidiomyceten mit den anderen Pilzclassen unentschieden bleiben, müssen weiterhin alle Versuche einer speciellen systema-

tischen Behandlung der Classe, weil sie der vergleichend morphologischen Grundlage entbehren, zu dem Werthe willkürlicher Anordnungen herabsinken.

Doch so dürftig die Angaben sind, welche uns in der Literatur vorliegen, sie zeigen genugsam, dass die angeführten Fragen zum Theil wenigstens verschiedentlich von verschiedenen Autoren und zu verschiedenen Zeiten aufgestellt worden sind, dass sie zu Untersuchungen mancherlei Art Veranlassung gegeben, dass aber die Bestrebungen nach dieser Richtung bei dem Mangel genügender methodischer Hülfsmittel schnell erlahmten und die Untersuchungen fast resultatlos verlassen wurden.

Vorzugsweise eine Frage, die auf die Entstehung der Fruchtkörper hinausläuft, gewann durch Forschungen auf anderen Gebieten der Botanik wiederholt eine neue Anregung und ein erhöhtes Interesse. Dies war der Fall, als die Untersuchungen auf Sexualität, nachdem diese bei den phanerogamischen Pflanzen zuerst erwiesen, auf die niederen Pflanzen ausgedehnt wurden. Man suchte nun bei den verschiedenen Pflanzentypen nach männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen. Bei den Schwämmen fiel die Vermuthung zuerst auf den Hut, und nicht selten vorkommende aussergewöhnlich grosse Zellen der Lamellen, die weit über sie hinausragen (Cystiden), galten eine Zeit lang als männliche Organe, welche der Vorstellung nach den befruchtenden Stoff über Lamellen und Sporen ergiessen sollten. Diese Vorstellung, die jeden Beweises baar blieb, mochte zum Theil der ersten und ältesten Auffassung entlehnt sein, die dahin ging, dass der Hut der Pilze ein Blüthenstand sei. [1]) Als es dann später nach den *Hofmeister*'schen Untersuchungen zweifellos wurde, dass bei Gefässkryptogamen und Moosen die Sexualität an ganz anderer vorher nicht geahnter Stelle der Entwicklung auftritt, dass die grossen Farnpflanzen und die Moosfrüchte Producte der Sexualität sind, (und als bald darauf durch *Thuret*[2]) der erste Fall der Sexualität bei den Algen in vollendeter mustergültiger Untersuchung, die allen späteren Arbeiten als Vorbild diente, dargelegt wurde), waren hierin für die Pilze neue Anregung und neue Gesichtspunkte gegeben,

---

[1]) Weitere Details über diese älteren Auffassungen hat *de Bary* in seiner Morphologie der Pilze p. 170—173 ausgeführt, ebendort findet sich auch die Literatur, auf die ich verweise, vollständig zusammengestellt.

[2]) *Thuret*, Ann. des scienc. natur. 1854. II, p. 197.

die Untersuchungen wieder aufzunehmen. Nach den für die Gefässkryptogamen gewonnenen Thatsachen hatte der Gedanke, dass im Hut der Pilze eine Sexualität stecke, alle Wahrscheinlichkeit verloren; um so grösser waren aber die Hoffnungen geworden, sie an anderer Stelle zu finden. Was konnte nun wahrscheinlicher sein, als die Vorstellung, dass analog den Gefässkryptogamen und Moosen die ganzen Fruchtkörper Producte einer Sexualität seien, die also am Ausgange der vegetativen Zustände bei der Bildung der Fruchtkörper zu finden sein musste! Die Entdeckung *Tulasne*'s[1]) von nicht keimenden sehr kleinen Fortpflanzungsorganen bei verschiedenen Ascomyceten und den Tremellinen der Basidiomyceten, gab der Vorstellung neue Nahrung, *Tulasne* selbst neigte der Ansicht zu, dass sie männliche Geschlechtszellen seien, er nannte sie Spermatien, die Behälter, in denen sie gebildet werden, Spermogonien. Doch keine andere Thatsache, als dass die Spermatien nicht keimen, wurde von *Tulasne* für seine Deutung beigebracht, er hat gewiss vergeblich danach, vergeblich namentlich nach den correspondirenden weiblichen Geschlechtszellen gesucht.

Im Anfange der 60er Jahre nahm nun *Karsten*[2]) die Frage auf, er theilte als Resultat seiner Beobachtungen mit, dass die Fruchtkörper aus eiförmigen weiblichen Zellen ihren Ursprung nähmen, nachdem diese von fadenförmigen Schläuchen der Mycelien befruchtet seien. Seine ersten Beobachtungen an Agaricus campestris ergänzte *Karsten*[3]) bald nachher durch weitere an Agaricus vaginatus, in denen er durch Abbildungen erläutert den Nachweis bringt, dass nach der Befruchtung an der Basis des männlichen und weiblichen Zweiges durch die Befruchtung angeregt eine lebhafte Fadenaussprossung entsteht, welche die Sexualzellen einhüllt. Weiter reichen die Beobachtungen nicht, und über die Differenzirung der Frucht aus diesen zwei verschiedenen Elementen, die allein für die Deutung beweiskräftig sein würde, erfahren wir nichts. Das Ende des Anfanges ist der Abschluss der Untersuchung. — Nach *Karsten* und noch mit ihm gleichzeitig machte *Oerstedt*[4]) Versuche. Er liess anfänglich die Sporen

---

[1]) *Tulasne*, Note sur l'appareil reproduct. d. l. Lichens et les champignons. Compt. rend. Tome XXXII, p. 470 und Ann. d. scienc. natur. III. Serie, Tom. XV, p. 370, 1851; weiteres über den Gegenstand in den späteren Arbeiten Tulasne's.

[2]) *Karsten*, Das Geschlechtsleben der Pflanzen. Berlin 1860, p. 50.

[3]) *Karsten*, Bot. Untersuchungen aus dem physiolog. Laboratorium. Bd. I, p. 160. Berlin 1867.

[4]) *Oerstedt*, Oversigt over det kyl. danske Vidensk. Selsk. Forhandl. 1865, p. 11—23 (nebst 2 Tafeln).

keimen, als er aber über die Beobachtung von frühen Todesfällen der Keimlinge nicht hinauskam, suchte er anders zum Ziele zu kommen, nämlich in der Art, dass er aus einem vom Mycelium durchwachsenen Nährboden die Mycelenden aus dem Substrat als Luftmycel über Glasplatten wachsen liess. An diesem hat er nun Conidien und Sexualorgane gesehen und beschrieben, Eizellen in nierenförmiger Gestalt, männliche Zellen als gewöhnliche Hyphen. Hier schliesst die Untersuchung, die also nicht einmal bis zur embryonalen Entwicklung gekommen ist. Die Versuche sind an und für sich wissenschaftlich werthlos, weil es von vorn herein an jeder Sicherheit fehlt, ob denn die aus dem Substrat gewachsenen Mycelfäden wirklich sammt den beobachteten Conidien und den zweifelhaften Sexualzellen überhaupt dem Agaricus angehören.

Nach *Karsten* und *Oerstedt* sind die Untersuchungen der Basidiomyceten gewiss vielseitig aufgenommen worden, Angaben in der Literatur liegen darüber nicht vor und dies lässt vermuthen, dass die früh scheiternden Versuche ein Resultat auch nur mit einer Nothreife für die Publikation nicht herbeigeführt haben. Beobachtungen wie die erwähnten sind gänzlich aussichtslos, sie gleichen den Anstrengungen, durch eine berusste Scheibe die Schönheiten einer Landschaft zu besehen.

Durch die Einführung meiner Culturmethoden in die Mykologie waren zum ersten Male neue und sichere Angriffsmittel gegeben. Die Darstellung und Verwendung klarer, durchsichtiger, pilzfreier Nährlösungen ermöglichte eine Cultur der Pilze in durchsichtigen Medien, und wenn diese von einer Spore, deren Aussaat mit Ausschluss jeglicher anderer Keime bei einigem Geschick leicht auszuführen ist, gemacht wurde, gestatteten die klaren Nährflüssigkeiten eine sichere, lückenlose und fehlerfreie Beobachtung der Entwicklung. Nur allein von der Qualität der Nährlösung hängt es ab, den ausgesäeten Pilzkeim bis zur Neuerzeugung der Fructification zu fördern. — Schon zu Anfang des Jahres 1871 gelang es mir in dieser Weise bei Coprinus fimetarius den Lauf der Entwicklung bis zu diesem Punkte zu führen, nachdem ich in den Jahren 1868—1870 in den Untersuchungen des Dictyostelium[1]) und der Zygomyceten[2]) die neuen Methoden begründet hatte.

---

[1]) *Brefeld*, Dictyostelium mucoroides, ein neuer Organismus aus der Verwandtschaft der Myxomyceten 1869, Frankfurt a/M. bei Winter (Abh. der Senckenberg'schen naturf. Gesellschaft.) Bd. VII.

[2]) *Brefeld*, Erstes Heft dieser Schimmelpilze. Leipzig 1872.

Im Jahre 1870 sind die Methoden durch *de Bary* an *Woronin*, der sie erfrug, mitgetheilt und 2 Jahre später für die Cultur von Basidiomyceten angewendet. *Woronin*[1]) theilt mit, dass er reife sporentragende Fruchtkörper von Coprinus ephemerus auf dem Objectträger gezogen habe. Zu einer erspriesslichen Erkenntniss der Bildung der Fruchtkörper ist er schwerlich gelangt, denn er hat nichts hierüber verlauten lassen.

Bald nachher hat sich *Reess*[2]) mit der Untersuchung der Basidiomyceten auf dem Wege der Cultur beschäftigt, und als Versuchsobject, die Bildung der Fruchtkörper zu ermitteln, den Coprinus stercorarius gewählt. *Reess* cultivirte nach meiner Methode die Sporen des Coprinus in Mistdecoct. Er beobachtete das Auftreten kleiner stäbchenförmiger Bildungen an den Mycelien, Bildungen, die mir seit dem Jahre 1870 und, wie *Reess* der Wahrheit gemäss angiebt, seit dieser Zeit im Halle'schen Laboratorium bekannt waren. Sie wurden in grossen Mengen von den Mycelien abgegliedert und erwiesen sich in den ursprünglichen wie in neuen Culturen in frischem Pferdemistdecoct als nicht keimfähig. Diese Thatsache leitete den Autor auf die Idee, dass die Stäbchen männliche Geschlechtszellen sein könnten. Für eine solche Auffassung war das erste Bedürfniss den natürlichen Bestimmungsort dieser Geschlechtszellen zu finden, die weiblichen Zellen. *Reess* machte sie ausfindig in besonders geformten Seitenzweigen der Mycelien, die einer knorrigen Leberwurst schlagend ähnlich sehen. In seiner nächsten Abbildung[3]) zeigt der Autor ein Stäbchen mit der Befruchtung des weiblichen Gegenstandes beschäftigt, die in der folgenden Figur seiner Haltung nach bereits von ihm vollzogen zu sein scheint. Kurze Aussackungen an der weiblichen Zelle waren die Folgen der Befruchtung, soweit sie *Reess* beobachtete, ihr endliches Ergebniss nach seiner Vermuthung der Fruchtkörper des Coprinus resp. der Basidiomyceten. Der Autor deutete hiernach mit hoher Wahrscheinlichkeit die Stäbchen von Coprinus als Spermatien, ihre Träger als Antheridien, ihre Function: die Befruchtung des Carpogons. In Folge der Befruchtung wächst das Carpogon zum Fruchtkörper aus.

---

[1]) *Woronin*, Sitzungsberichte der botanischen Section der Naturforscher-Gesellschaft zu St. Petersburg. Februar 1872.

[2]) *Reess*, Ueber den Befruchtungsvorgang bei den Basidiomyceten. Erlangen 1875.

[3]) Die dem Texte eingefügten Holzschnitte in der eben citirten Abhandlung.

Diese Untersuchungen von *Reess* fanden unmittelbar nach ihrer Publication in Frankreich ein Echo, welches sie gänzlich übertönte. Der Herr *Philipp van Tieghem* veröffentlichte sogleich, als er von der *Reess*'schen Arbeit Kenntniss erhielt, in den Comptes rendus[1]) der französischen Academie der Wissenschaften, dem ersten wissenschaftlichen Organe Frankreichs, eine Untersuchung über den gleichen Gegenstand, welche nicht bloss die Arbeit von *Reess*, sondern mit dieser zugleich Alles in den tiefsten Schatten stellte, was jemals in der Mykologie geleistet ist. Der Autor benutzt seit 1872 meine Culturmethoden[2]) und hat, wie wir sehen werden, staunenswerthe Dinge bei den Basidiomyceten damit zu Wege gebracht. Mit *Reess* sieht er die Stäbchen als Spermatien an. Aber wie anders functioniren sie in Frankreich unter seinen Augen als in den Culturen von *Reess* in Erlangen! Freilich sind aber auch die Carpogone *van Tieghem*'s ein anziehenderes und empfänglicheres Gebilde. Sie haben nicht die wenig verlockende Wurstgestalt[3]), sondern eine zierliche Form und vor Allem ein besonderes Empfängnissorgan extra für die Spermatien. Hier setzen sie sich mit Vorliebe, häufig in der Mehrzahl, an. Doch nie mehr als eine copulirt mit dem Trichogyn und entleert ihren Inhalt in dieses, die übrigen müssen am Ziele angelangt, grausam vergehen. Gleich nach der Copulation theilt sich das Carpogon in drei Zellen, die oberste mit dem Trichogyn bleibt unverändert, die zwei unteren bilden Sprosse, aus denen der Fruchtkörper entsteht. Doch weit über diese Thatsachen hinaus gehen die unerreichten Forschungen des Autors, an der erwiesenen Sexualität auch jeden Schatten von Zweifel, jede Möglichkeit des Einwandes zu beseitigen. Er belehrt uns durch beobachtete Thatsachen, dass unbefruchtete Carpogone sich niemals theilen, dass die eben erwähnten ganz bestimmten Theilungen nur durch den Act der Befruchtung eingeleitet werden. In überzeugender Weise ergaben Culturen von einzelnen Sporen dies Resultat, die nur Carpogone von der erwähnten Gestalt erzeugten. Eine hierin angedeutete, schon in den Sporen

---

[1]) *Van Tieghem*, Comptes rendus. Februar 1875. Sur la fécondation des Basidiomycètes.

[2]) *Van Tieghem*, Recherches sur les Mucorinées, Ann. d. scienc. natur. 1872.

[3]) *Van Tieghem* sagt, dass *Reess* die wahren einzelligen Carpogone gar nicht gesehen habe. Ob sich nun bei ihm die Spermatien verirrt haben und an ein falsches Ziel gekommen sind, oder ob die Carpogone sich erst nach dem Act der Befruchtung die Wurstform angeeignet haben, ist aus den Beobachtungen nicht zu entnehmen.

vorhandene sexuelle Differenzirung wurde durch die ergänzende Thatsache bestätigt gefunden, dass andere Sporen nur Antheridien erzeugen, sie wurde endlich über jeden Zweifel hinaus erwiesen durch den genialen Versuch der Uebertragung der Spermatien aus den Culturen männlicher Sporen in die carpogonreichen der weiblichen. Sogleich setzten sich die Spermatien an die Trichogyne, die vorher ungetheilten Carpogone theilten sich nach der Copulation wieder in der bestimmten Weise und nun erst wurden Fruchtkörper gebildet, während die Culturen sonst steril blieben. Da andere Coprinusarten ein gleiches Verhalten zeigten, so realisirte der ideenreiche Experimentator den schönen Gedanken, eine Kreuzung von zwei Arten, von Coprinus ephemeroides und Coprinus radiatus, zu erzielen. Die Spermatien von dem einen Coprinus wurden in carpogontragende Culturen von dem andern übertragen. Das Resultat war ihre Copulation am Trichogyn, Theilung des Carpogons in bestimmter Weise, und Aussprossung der zwei unteren Zellen zum Fruchtkörper. — Bedurfte es nach solchen Beobachtungen noch der Versicherung des Autors, dass er sie nicht eher der Oeffentlichkeit übergeben, als bis er sie in wiederholten Versuchen mit stets gleichem Ergebnisse immer genau — »pleinement« — bestätigt gefunden? — als ob die Summe dieser übereinstimmenden Beobachtungen für sich nicht ausreichend und beweisend wäre! Und wer wollte es zu Ungunsten der Bescheidenheit des Herrn *van Tieghem* deuten, wenn er zum Schlusse darauf hinweist, dass er der eigentliche Entdecker der Sexualität der Basidiomyceten sei, welche *Reess* nur wahrscheinlich gemacht habe; denn der kleine Umstand, dass die Fruchtkörper nicht ganz vollständig reif wurden, ist von gar keiner Bedeutung, weil die sehr jugendlichen Bildungsstadien ihre hutförmige Gestalt bereits erkennen lassen, wie ich demnächst zeigen werde. — Ich kann aus eigener Erfahrung bezeugen, dass diese Arbeit des Herrn *van Tieghem* allgemeine Anerkennung fand, dass die kritischsten Forscher mit Eifer für sie eintraten, behauptend, dass es ja gänzlich unmöglich sei, hier noch den leisesten Zweifel zu hegen. In allen wissenschaftlichen Vereinen wurde die Entdeckung mitgetheilt und durch Zeitschriften verbreitet, *Reess*[1]) selbst beeilte sich sie anzuerkennen: er hatte sie in neuen Versuchen bestätigt gefunden.

---

[1]) *Reess,* Pringsheim's Jahrbücher 1875, p. 198.

Die in allen Stücken vollendete Arbeit hat nur einen einzigen Fehler — es fehlt ihr die Wahrheit; die Vorgänge finden in der Wirklichkeit gar nicht statt. Das ist es, was ich den allseitigen Verehrern der Arbeit sogleich nach ihrem Erscheinen entgegenhielt, was ich öffentlich in meinen Vorlesungen aussprach und hier wie gegen viele Botaniker, die mich besuchten, in meinen Präparaten offen darlegte. Am 15. November 1875[1]) habe ich in der hiesigen Gesellschaft naturforschender Freunde aus meinen damals bereits abgeschlossenen Untersuchungen kurz hervorgehoben, dass die Spermatien keine sexuelle Bedeutung hätten, dass die Fruchtkörper ohne sie entständen. Die ausführliche Darlegung der Resultate habe ich bald darauf an die botanische Zeitung geschickt, wo sie im Anfang des Jahres[2]) 1876 mitgetheilt ist.

An dem vorerwähnten Tage am 15. November 1875 setzte Herr *van Tieghem*[3]) die botanische Welt mit einer neuen Publication in Erstaunen. Er widerrief seine berühmten Beobachtungen, nicht etwa eine, sondern die ganze Summe, mit Stumpf und Stiel. Die Spermatien keimten, sie sind Conidien und die Fruchtkörper entstehen ohne sie. Da er früher bei dem Auswachsen seiner Carpagone (ausser der Copulation der Spermatie), keine Copulation von Fäden gesehen, welche als Act einer Befruchtung sich deuten liesse, so schliesst er mit den Worten: »il parait bien que le fruit se forme sans fécondation.« Wie die Frucht sich bildet, über den wahren Verlauf ihrer Bildung und ihrer weiteren Entwicklung — darüber erfahren wir nichts. — Gleich einer Seifenblase ist der glänzende Beweis der Sexualität der Basidiomyceten, welche nach ihrer weit vorgeschrittenen sexuellen Differenzirung mit einem Ruck auf die Höhe der heterosporischen Farne gehoben waren, erschienen und wieder verschwunden, mit ihm sind die schönen Carpogone und die strebsamen Spermatien jäh verblichen, und die Mykologen sind genau so klug, als wie sie vorher waren.

In Anknüpfung an meine Publication in der botanischen Zeitung, worin ich die Entwicklungsgeschichte der Basidiomyceten darlegte, hat bald nachher Herr *van Tieghem*[4]) eine Bestätigung meiner Beobachtungen gebracht, sie schliesst

[1]) *Brefeld*, Neue Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze, Sitzungsbericht der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin. 15. November 1875.

[2]) *Brefeld*, Botanische Zeitung 1876, Nr. 4, die Entwicklungsgeschichte der Basidiomyceten.

[3]) *Van Tieghem*, Compt. rend. der französischen Akademie in Paris. Jahrgang 1875.

[4]) *Van Tieghem*, Botanische Zeitung, 1876, Nr. 11, Neue Beobachtungen über die Fruchtentwicklung und die vermeintliche Sexualität der Basidiomyceten und Ascomyceten.

nicht, ohne auf Grund seiner eben angeführten kurzen Bemerkung vom 15. November neue Prioritätsansprüche[1]) zu erheben, nicht auf die Sexualität sondern diesmal auf die Asexualität der Basidiomyceten. Da betreffs dieses Punktes nur zwei Fälle möglich sind, dass nämlich die Fruchtkörper dieser Pilze entweder sexuell oder asexuell entstehen, so haben wir hier das interessante Factum vor uns, dass ein und derselbe Autor beide sich widerstreitende Entdeckungen in wenigen Monaten[2]) gemacht hat und nun für beide die Priorität in Anspruch nimmt. Die Ansprüche für die erste stützen sich auf Thatsachen, welche von A—Z nicht wahr sind, die Ansprüche für die zweite hingegen stützen sich auf das Datum einer Publication ohne Thatsachen.[3])

Ich beginne nunmehr meine ausführlichen Mittheilungen mit den Agaricinen und unter diesen zuerst mit einigen Vertretern der Gattung Coprinus.

---

[1]) Für seine Prioritätsansprüche hat Herr *van Tieghem* eine Publication über Ascomyceten angezogen, welche am 6. December 1875 in der pariser Akademie publicirt ist. Es ist von vornherein klar, dass sie nichts mit den hier in Frage kommenden Basidiomyceten zu thun hat.

[2]) Die erste Publication des Herrn *van Tieghem* »sur la fécondation des Basidiomycètes, Compt. rend. Februar 1875 »enthält schon im embryonalen Zustande beide Entdeckungen, der Sexualität und der Asexualität der Basidiomyceten. Sobald nämlich die Stäbchen gekeimt hatten, ging die erste Entdeckung verloren, und es blieb die zweite allein übrig, auf welche der Autor nun zurückgeht hervorhebend, dass er keine andere Copulation ausser der mit den Stäbchen gesehen habe, die sich als Sexualact deuten liesse, daher: »il parait bien que le fruit se forme sans fécondation.« In Wirklichkeit aber hat *van Tieghem* die wahren Fruchtanlagen gar nicht gesehen.«

[3]) Ich bemerke zum Schluss, dass auch *Reess*, nach meiner Publication seine Bestätigung der *van Tieghem*'schen Beobachtungen widerrufen hat, er sagt: »Den Experimenten *van Tieghem*'s habe ich geglaubt, ohne sie nachzumachen. Meine allzu kurz auf den Correcturbogen geschriebene Bestätigung bezog sich wesentlich nur auf die Einzelligkeit jüngster stäbchentragender Fruchtanlagen.« (Botanische Zeitung, März 1876, Nr. 11, *Reess*, Rechtfertigung).

Coprinus stercorarius.

Unter den mistbewohnenden Coprinen gehört der Coprinus stercorarius zu den selteneren Erscheinungen. Nur erst wenige Male hatte ich das Glück ihn zu finden. Seit dies zum letzten Male geschah, habe ich den Pilz in Cultur behalten. Er gedeiht hier leicht und sicher, und seine Formen sind schöner und voller, als sie am Standorte vorzukommen pflegen. In kurz gedrungener Gestalt, Hut und Stiel ganz verhüllt, erhebt er sich aus dem Substrate. Ein fast weiss zu nennendes Velum universale überdeckt die junge Fruchtanlage. Am Hute, welcher zunächst in der Entwicklung gefördert ist, wird es mit wachsender Zunahme mehr und mehr zerklüftet (Taf. II, Fig. 8 *a* und *b*), es nimmt das Ansehen zahlreicher kleiner thurmartiger Häufchen an, die sich namentlich nach dem Scheitel hin in zunehmender Mächtigkeit erheben. Mit der Streckung des Stieles und der Aufspannung des Hutes bricht das Velum an der Grenze von beiden auf, und glatt, ohne ein Velum partiale zu hinterlassen, trennt sich der Hut vom Stiele ab (Taf. III, Fig. 1). Noch ehe die Streckung des letzteren beginnt, haben sich Bündel von Hyphen oder auch einzelne Fäden, in dichtem Kranze gestellt, an seinem Fusse gebildet und sind als Rhizoiden weithin in die Umgebung und das angrenzende Substrat gewachsen (Taf. III, sämmtliche Figuren). Sie gehen allmählich in eine kurze haarförmige Bekleidung des Stieles über, welche ihn überall auch nach seiner Streckung als feiner zarter Flaum überzieht (die grösseren Figuren von Taf. III). Die Ausbreitung des Hutes, dem Aufspannen eines Schirmes vergleichbar, fällt genau mit der Reife der Sporen zusammen. Ihre dunkle Farbe ist es, welche das grauweisse Ansehen des Hutes verändert und ihm ein dunkles gesättigt graues Aussehen

verleiht. Er hängt, nur oben am 3—5 zölligen Stiele befestigt, lose wie ein Nähhut auf diesem, wenn seine Aufspannung erfolgt (Taf. III, Fig 1). Sie beginnt am Rande und die noch glatte Huthaut bekommt Längsrisse, indem die Ränder sich nach Aussen biegen (Taf. III, Fig. 2 *d*). Die Risse werden tiefer, je weiter die Aufspannung fortschreitet. Erst wenn nahezu die horizontale Stellung erreicht ist, beginnt das Abwerfen der Sporen auf einmal und dauert nur ganz kurze Zeit. Darauf rollen sich die Ränder um und ein (Taf. III, Fig. 2 c_3), und hiermit hat die Herrlichkeit ein Ende. Die Reste des Hutes zerfliessen zu einem Tröpfchen Flüssigkeit von anklebenden Sporen dunkel gefärbt; basipetal fortschreitend zerfliessen auch die Elemente des Stieles und wenige Tropfen dieser schmutzigen Jauche durchtränken die Stätte seiner schnellen Entwicklung. [1])

I. Die Entwicklungsgeschichte des Pilzes.

Nimmt man den Zeitpunkt richtig wahr, wo die Sporen geworfen werden, so ist es eine leichte Mühe sie in vollkommener Reinheit aufzufangen, wie sie für die Cultur des Pilzes allein geeignet sind. Die Sporen haben eine dunkelbraune Farbe (Taf. IV, Fig. 12 und 16), länglich ovale Gestalt, und eine Grösse von 0,015 Mm. Länge und 0,0055 Mm. Breite. Die Farbe der Membran beschattet den Inhalt und gibt den Sporen ein gleichförmiges Ansehen. Sie keimen sofort, wenn ein Tropfen Nährlösung — Mistdecoct — sie umgibt; auch

---

1) Die hier vorausgeschickte Beschreibung des Pilzes stimmt nicht überein mit der Diagnose, die *Fries* in seinen »Hymenomycetes europaei«, Upsala 1874 gegeben hat. Ich habe eine Partie Sclerotien an Herrn Prof. *Fries* geschickt, der mir nach erfolgter Keimung mittheilte, dass er den Pilz für Copr. stercorarius halte, jedoch für eine besondere Form, die aus Sclerotien keimt. Ist dies der Fall, so schlage ich für ihn den Namen noctiflorus vor, gleichviel ob man ihn für eine blosse Varietät des stercorarius als für eine eigene Art gelten lassen will. Ich wähle den Namen noctiflorus, weil der Pilz erst spät am Nachmittag seinen Hut aufspannt und den Stiel streckt, seine Sporen aber niemals anders als während der Nacht abwirft. — Der von *Reess* (Befruchtungsvorgang bei den Basidiomyceten) untersuchte Pilz ist nicht Copr. stercorarius, denn dieser besitzt gar keine Stäbchenfructification, sondern nach der Beschreibung von *Reess* und nach der Form der Stäbchenfructification der zweite von mir untersuchte Coprinus, der Copr. lagopus.

wenn die Sporen länger als ein Jahr trocken aufbewahrt sind, werden nach wenigen Stunden schon die Anzeichen der Keimung deutlich. Keinerlei Anschwellungen der Sporen noch auch ein Aufsprengen der braunen Membran leiten den Process der Keimung ein, wie es vielfach sonst geschieht. Die Spore bleibt unverändert, nur an einer Spitze zeigt sich ein helles lichtbrechendes Bläschen. Es wird grösser und grösser und übertrifft als kugelige Anschwellung gar bald die Ausdehnung der Spore (Taf. I, Fig. 1 *a*). Und so fremdartig hebt sich die Keimblase an der unveränderten Spore ab, dass man glauben möchte, sie hänge nur äusserlich an. Die allgemeine Erscheinung der Keimblase an den keimenden Sporen hebt jeden Zweifel, dass sie aus dem Innern kommt, auch bedarf es nur der Aufrichtung einer keimenden Spore, um an der Spitze mit starken Linsen einen feinen Keimporus (Taf. IV, Fig. 16) zu sehen, aus welchem die Keimblase hervorwächst. Dieser Keimporus, den man an dieser Art auch schon an der ungekeimten Spore, wenn auch schwach erkennt, ist nur an einer Seite der Sporen vorhanden und zwar an derjenigen, welche der Insertion am Sterigma entgegengesetzt ist. Der directen Beobachtung entsprechend sah ich auch niemals eine Spore an zwei Seiten keimen, sondern in tausenden von Fällen nur an der einen (Taf. I, Fig. 1), die den feinen Porus hat.

Die Keimblase hört früh auf an ihrem ganzen Umfange zuzunehmen, ein (Taf. I, Fig. 1 *b*) oder mehrere (Fig. 1 *c*) begrenzte Stellen sind allein bevorzugt dies zu thun; diese erheben sich als Vegetationspunkte, aus welchen sich durch fortdauerndes Spitzenwachsthum fadenförmige Keimschläuche entwickeln. Wenn sie üppig und früh in der Einzahl auftreten, können sie fast so massig werden wie die Keimblase, die dann nicht mehr deutlich zu sehen ist (Taf. I, Fig. 1 *b*). Wo sie in der Mehrzahl erscheinen, gehen sie nach verschiedenen Richtungen, und sehen aus, als wenn sie gleichzeitig direct aus der Spore entsprungen wären (Taf. I, Fig. 1 *c*). Die Schläuche führen einen sehr dichten lichtbrechenden Inhalt und nehmen mit fortdauerndem Längenwachsthum in unregelmässigen weiten Wellen einen schlangenartigen Verlauf an. Mit ihrer Ausdehnung treten neue Vegetationspunkte auf an beliebiger Stelle und darum in wechselnder Zahl, oft nahe an der Spitze, oft weiter rückwärts. In vielen Fällen bleiben diese bereits mehrfach verzweigten Keimschläuche einzellig, in anderen treten schon sehr früh Scheidewände auf, welche, sobald sie erschienen sind, die Fäden in End- und Gliederzellen theilen (Taf. I,

Fig. 2). Dass nur die Endzelle wächst, die Gliederzellen nicht mehr oder sehr wenig wachsen, kann man durch directe Beobachtung sogleich sicherstellen. Die Scheidewände treten mit fortdauerndem Längenwachsthum der Endzelle nicht ganz regelmässig auf, es können darum die Gliederzellen nicht alle die gleiche Länge haben. Wiewohl sie nachträglich nicht nachweislich in die Länge wachsen, so betheiligen sie sich durch Bildung von Seitenzweigen nicht minder lebhaft an der Verzweigung des jungen Myceliums als die Endzelle, und der obern Scheidewand zugelegene Stellen sind der Regel nach für die Seitenzweigbildung besonders begünstigt (Fig. 2). Der Reichthum an Seitenzweigen und die Verzweigung des Myceliums hängt wesentlich von der Ernährung ab, hiernach ist auch der Inhalt der Fäden ein reicherer und dichterer und dann nur von kleinen Vacuolen durchsetzt. Je näher an der Spitze der Fäden neue Vegetationspunkte auftreten, je mehr sie in der Entwicklung gefördert werden, um so mehr rivalisiren sie mit den Hauptfäden in Stellung und Länge, und darum hat es nicht selten den Anschein, als ob der Vegetationspunkt der Endzelle sich in eine Di- oder gar Trichotomie auflöse. Alle Seitenzweige, mögen sie von der End- oder Gliederzelle gebildet sein, nehmen im weitern Verlaufe durch Gliederung und weitere Verzweigung den Charakter der Hauptfäden an. Eine fast vollkommene Gleichmässigkeit in der Dicke der Fäden an den Enden und ältern Theilen und an Haupt- und Seitenzweigen ist überall an den jungen Mycelien zu constatiren, sie übersteigt nicht 0,015 Mm.

Ueberaus häufig treten schon in der ersten Jugend Verschmelzungen an den Fäden der Mycelien ein. Ich habe sie beobachtet an jungen Keimschläuchen (Taf. I, Fig. 3 *a*), deren erste Verzweigungen mit einander verschmelzen, wenn sie in der gleichen Richtung wuchsen. Ich habe sie ferner häufig gesehen an kleinen Mycelien, ehe die Scheidewände deutlich wurden, wo mitunter vielfache Anastomosen die Fäden gleichsam zu einem Netze verbanden (Taf. I, Fig. 3 a_2 und $_3$); bald waren es hier Seitenzweige, die mit ihrer Spitze gegen einen andern Faden wuchsen und ihre Carrière für weiteres Längenwachsthum in einer Verschmelzung einbüssten, bald waren es deutliche Anastomosen, welche parallel verlaufende Fäden in ihrem ganzen Verlaufe vielfach verbanden. Ich habe sie endlich als ausnahmslose Regel an älteren Mycelien angetroffen mit reicher Verzweigung und Gliederung der Fäden. Je mehr ich diese beobachtete, um so mehr überzeugte ich mich von der Allgemeinheit der

Erscheinung; es war keine Zelle zu finden, die nicht mit einer anderen verschmolzen war, und die ganzen Mycelien stellten gleichsam ein Netz von Anastomosen dar. Die vielfachen Formen der Verschmelzung, die nicht durch blosse Begegnung der Fäden entstanden sein können, machen es schwer in diesen Erscheinungen das Spiel eines Zufalls allein zu sehen, und was ganz besonders zu Gunsten der Auffassung spricht, dass zu dem Verschmelzen der einzelnen Zellen mit einander ein inneres Bedürfniss den Anstoss gibt, ist die eigenthümlich abgeänderte Art der Verschmelzung einzelner Zellen, welche mit zunehmendem Alter und zunehmender Ausdehnung der Mycelien Platz zu greifen pflegt.

Sobald die Mycelien sich weiter in die Peripherie ausdehnen, entfernen sich die Fäden dementsprechend auch seitlich mehr und mehr von einander; zwar werden die grösseren Zwischenräume durch seitliche Verzweigungen bewachsen, sie treten aber bei weitem nicht zahlreich genug auf, um die immer grösser werdenden Lücken zu decken, und schon ein Blick überzeugt uns, dass die Mycelien nach dem Umfange (Taf. I, Fig. 4) loser und fadenärmer sind. Dieser Umstand also, der mit dem Alter und der Grösse natürlich zunehmenden seitlichen Entfernung der Fäden von einander, tritt der Verschmelzung der Fäden zuwachsend erschwerend entgegen, und von nun an gleicht sich das Bedürfniss in anderer Form aus. Die benachbarten Zellen verschmelzen mit einander. Dies geschicht so, dass die obere zweier benachbarter Zellen unmittelbar über der trennenden Scheidewand eine Ausstülpung treibt von der Dicke eines Seitenzweiges, welcher sich sogleich hakenförmig umbiegt und der untern Zellen gerade unter der Scheidewand, also auf dem kürzesten Wege der Verbindung, mit seiner Spitze fest anschmiegt (Taf. I, Fig. 3 b_1). Gleich darauf erfolgt die Verschmelzung, in der Form derjenigen gleich (Fig. 3 b_3), wie sie einzeln an den angrenzenden Zellen eines Spirogyrenfadens vorkommt, wenn die Verbindung mit einem anderen Faden nicht erreicht ist. Der Inhalt beider Zellen geht in dem kurzen Fusionsschlauche direct in einander über wie bei einer gewöhnlichen Verschmelzung, die directe Beobachtung schon bei 400facher Vergrösserung lässt hierüber nicht den leisesten Zweifel bestehen. Aber die offene Verbindung beider Zellen bleibt nicht lange erhalten. In der Oese selbst tritt eine Scheidewand auf, welche nun die verbundenen Zellen wiederum für sich abgrenzt (Fig. 3 b_{4-7}). Die Einzelheiten der Erscheinung: das Herabwachsen

des Fusionsschlauches stets von der oberen Zelle nach der untern, die wirklich stattfindende Verschmelzung der Zellen und ihre spätere Abgrenzung durch neue auftretende Scheidewand sind an üppig wachsenden Mycelenden vom 5ten Tage der Sporenkeimung an mühelos zu verfolgen. Ein einziger Faden, wenn er in schnellem Wachsthum begriffen ist, bietet alle Entwicklungsstadien der Reihe nach dar: die obere Scheidewand ohne Fusionsschlauch, die 2te mit einem solchen, der 3te in offner Verbindung mit der benachbarten Zelle und weiterhin nur Scheidewände in den Fusionsösen (Taf. IV, Fig. 1 *a—c*). Sieht man nur fertige Zustände, kann man die frühere offene Communication nach dem Auftreten der secundären Wand in der Oese nicht mehr sehen, sieht man junge Stadien, denen die Scheidewand fehlt, so kann man nur in der Profilansicht das getreue Bild von der Verschmelzung der Zellen erhalten. Klar also, dass man nur entwicklungsgeschichtlich den wahren Hergang der Sache zu verfolgen im Stande ist, und dass üppig gedeihende und wachsende Mycelien fünftägigen Alters hierfür die erste Voraussetzung sind. Da man sie früher nicht hatte, nur fertige oder unfertige Zustände besass, kann es nicht Wunder nehmen, dass diese Oesenfusionen, den Basidiomyceten vielfach an den Mycelien eigen, öfter gesehen und beschrieben, niemals aber ausführlich gesehen und darum richtig beschrieben sind. Man hat sie »Schnallenzellen« genannt und schon hiermit die Vorstellung angedeutet, als ob sie besondere Zellen wären, was nicht zutreffend ist. In diesem Sinne hat sie auch *de Bary* Seite 15 seiner Morphologie der Pilze zwar weitläufig aber unrichtig beschrieben, wenn auch zum Theil richtig abgebildet. Die obere der drei Figuren links steht mit seiner eigenen Beschreibung im Widerspruch, nach welcher die Schnalle eine Zelle sein soll. Die offene Communication beider Zellen in der Fusionsöse hat er nicht gesehen, nach ihm schmiegt sich der Fusionsschlauch der unteren Zelle fest an, dann trennt eine Scheidewand den Schlauch vom Mutterfaden und die Schnalle ist fertig. Wie soll aber nach dieser Beschreibung, also nach seiner Vorstellung ein Bild zu Stande kommen, wie er es selbst gesehen und gezeichnet hat? — Ich habe mich vielfach nach Ausnahmefällen umgesehen und nur einen bemerkenswerthen gefunden. Er bestand darin, dass sich zwei Scheidewände in der Oese nach der Fusion bildeten, zwei Scheidewände, die unten fast zusammentrafen und aus der Oese ein Stück ausschnitten, welche einer zweischneidigen Scheitelzelle nahezu entsprach.

Wenn wir uns nun das Bild eines älteren Myceliums vorzustellen suchen, so würden wir im Centrum eine allgemeine Verschmelzung der Fäden haben, nach der Peripherie die Abnahme der Verschmelzungen und die Zunahme der Oesenfusionen. Eben weil nun hier beide Vorgänge stattfinden, konnte die Frage: ob die Oesenfusion den Ersatz der Verschmelzung abgibt, dahin entschieden werden, ob die Vorgänge sich ausschliessen oder nicht. Ich habe daraufhin viele Mycelien untersucht und gefunden, dass Oesenfusionen dort niemals vorkommen, wo eine Verschmelzung der Zellen zweier Fäden eingetreten ist; aber der umgekehrte Fall war keine Seltenheit. Fäden mit Oesenfusionen benachbarter Zellen zeigten noch nachträglich Fusionen mit anderen Fäden. Man könnte, dies zu erklären, sich vorstellen, dass in der Fusion eine Differenz der Zellen zum Ausgleiche kommt, dass dieser Ausgleich ein vollständiger ist, wenn Zellen verschiedener Fäden verschmelzen, ein wenig vollkommener, wenn zwei benachbarte Zellen verschmelzen, doch dies ist nur eine Vorstellung. — Nicht ganz ohne Interesse schienen mir Versuche zu sein, wie sich zwei verschiedene Mycelien zu einander verhalten möchten. Der häufige Fall einer festen Verknäuelung zusammengefallener Sporen und die Cultur eines solchen Sporenknäuels schien mir für diesen Punkt besonders günstig zu sein. Sie keimten in Nährlösung zu 50 an einer Stelle, die sämmtlichen Keimschläuche und spätern Mycelien bildeten ein Netz von Anastomosen nicht wesentlich anders, als ob die Fäden Verzweigungen e i n e r Spore wären, und späterhin traten mit dem 5ten Tage Fusionsösen an den einzelnen Fäden auf.

Die Regelmässigkeit in dem Auftreten der Fusionsösen an Mycelien bestimmten Alters macht es möglich, junge und ä l t e r e M y c e l i e n und Myceltheile nach ihnen zu erkennen. Ihre Unterscheidung wird aber noch durch einen anderen Umstand erleichtert. Sobald nämlich die Oesen eingetreten sind, wird der fernere Aufbau der Mycelien in der Lage der Scheidewände und der Bildung von Seitenzweigen weit ausgeprägter und bestimmter, als es vorher der Fall war. Die Wände treten in der fortwachsenden Endzelle in nahezu gleichen Abständen ein und die verhältnissmässig seltneren Seitenzweigbildungen der Endzelle, die meist im spitzen Winkel (Taf. IV, Fig. 1 *a* und *b*) von ihr abstehen, werden weitaus überboten durch eine reichere Zweigbildung der Gliederzellen. Sie hebt sogleich nach dem Erscheinen der Scheidewände an, und unmittelbar unter diesen kommen die neuen Vegetationspunkte zum Vorschein (Taf. I, Fig.

3 *b* und Taf. IV, Fig. 1 *a* und *b*). Bei üppigen Mycelien stehen sie in der Dreizahl (Taf. IV, 1 *a* und *b*) nahe zusammen, und erst, wenn die Ernährung mangelhaft wird, sinken sie auf zwei und schliesslich auf einen (Taf. I, Fig. 3*b*) zurück. Eben weil sie fast niemals auszubleiben (Fig. 3 *b* und Fig. 1 *c*, Taf. IV und I) pflegen, trägt also ein Mycelfaden in regelmässigen Abständen wirtelförmig gestellte Seitenzweige, die sich fast ausnehmen wie Wirtelzweige einer Kiefer, und mehr im rechten Winkel (Taf. IV, Fig. 1 *a* und b_{2-4}) vom Hauptfaden abstehen, als ein Zweig der Endzelle. Die Seitenzweige entwickeln sich entweder alle zu neuen Hauptaxen, indem eine Gliederung und Verzweigung an ihnen eintritt wie in den Hauptaxen, oder nur einzelne oder gar einer von ihnen geniesst diesen Vorzug allein. Dann bleiben die anderen kurz und gleichsam rudimentär, sie beschliessen früh ihre Entwicklung mit zahlreichen unregelmässigen Seitenausstülpungen, die sich mehrfach wiederholen und an den Spitzen verjüngen gleich den Enden eines Hirschgeweihes (Taf. IV, Fig. 1 *d*), nur dass sie zahlreicher sind und wirr und sparrig durcheinander stehen. Auf diese Seitenzweige mache ich besonders aufmerksam, weil bei andern Coprinus-Arten, zu denen ich später übergehe, gerade an ihnen die Conidien resp. die Stäbchenfructificationen auftreten, die hier völlig fehlen, wenigstens in hunderten von Culturen niemals aufgetreten sind.

Ich erwähnte, dass die Oesenfusionen, wenn nicht schon an der ersten, sicher an der zweiten Scheidewand eines wachsenden Mycelfadens zu finden sind, und führte aus, wie mit dem Auftreten der Oesen die Verzweigung der Mycelien namentlich an den Gliederzellen in Zahl und Stellung eine auffallend regelmässige wird, — sollte nun am Ende zwischen beiden Erscheinungen ein innerer Zusammenhang bestehen? sollte vielleicht die Bildung der Seitenzweige gerade unterhalb oder an der Verschmelzungsstelle der Fusionsöse durch die Verschmelzung der Zellen hervorgerufen werden?[1]) Die Beobachtung musste hier innerhalb bescheidener Grenzen ein Urtheil anbahnen können, sobald sie

---

[1]) Diese Zustände haben durch ihren bestimmten morphologischen Charakter etwas so eigenthümliches in der Erscheinung, dass man unwillkürlich an die von *Tulasne* beobachteten Zustände der Peziza confluens und die Copulation der Kranzkörperchen von *Tilletia* erinnert wird. Jedenfalls geben sie zu der Erwägung Veranlassung, ob es gerechtfertigt ist, Verschmelzungen von Zellen bestimmter und immer wiederkehrender Form mit Rücksicht auf diese Form für einen Sexualact anzusehen.

auf die Frage gerichtet wurde zu entscheiden, ob die Oese früher oder die Seitenzweige früher entstehen. Das erste war zwar sehr häufig der Fall, und in den allermeisten Fällen kommen die Zweigausstülpungen erst nach der Verschmelzung zum Vorschein, aber keineswegs ausnahmslos, und als nicht ganz seltene Ausnahme beobachtet man leicht, wie die Vegetationspunkte für die Seitenzweige eher angelegt sind, als die Spitze der Oese die untere Zelle noch erreicht hat. — Die Fäden der Mycelien erheben sich fast nicht, nur hier und da, mit kurzen Spitzen in die Luft, selbst über den Culturtropfen hinaus auf den Objectträger verbreiteten sie sich nur wenig, ein Luftmycelium dürfte hiernach dem Pilze kaum eigen sein, und ich will schon an dieser Stelle bemerken, dass ich auf Massenculturen in festem Substrat auch nicht eine Spur davon gesehen habe.

Mit der allmählichen Abnahme der Nährstoffe in dem Culturtropfen des Objectträgers neigt sich die vegetative Entwicklung der Mycelien langsam dem Ende d. h. dem Stillstande zu. Nur wenig nehmen hiermit die Hauptfäden an Dicke ab, sie sehen an den Enden schmäler und einfacher aus, weil die Verzweigungen abnehmen und schliesslich aufhören. Jede erneute Zufuhr an Nährstoffen leitet ein erneutes Wachsthum der Fäden ein, und ich glaube, dass es unbegrenzt an den Enden fortdauert, wenn die Ernährung darnach eingerichtet wird, wofür namentlich auch die Beobachtungen an Massenculturen auf's entschiedenste sprechen.

Erst nach Ablauf von 9—12 Tagen beginnt an den ältern Mycelfäden die Fructification, die Anlage von Fruchtkörpern. In kleinen, wenig ernährten Culturen entstehen die Fruchtkörper unmittelbar an einzelnen Mycelfäden (Taf. I, Fig. 4), in üppigeren Culturen werden gewöhnlich erst Sclerotien gebildet, aus denen die Fruchtkörper direct keimen, und vielfach finden sich beide Fälle in ein und derselben Cultur vereinigt, es entstehen Sclerotien und Fruchtkörper nebeneinander. Wir wollen die Bildung der Sclerotien zuerst verfolgen.

Die Sclerotien bilden sich an jedem beliebigen Mycelfaden, welcher der Oberfläche der Culturlösung nahe gelegen ist. An ihm beginnt eine adventive Zweigbildung, die in die Luft führt (Taf. II, Fig. 5*a*). Entweder bilden mehrere nahe zusammenstehende Fadensprosse den Anfang, oder ein einziger Spross, der sich schnell verzweigt, leitet den Vorgang ein. Die Sprosse können an den Zellen der Haupt- oder Seitenzweige höhern Grades entstehen nahe an den Scheidewänden oder auch in der Mitte der Zelle. Der einzelne Spross mit seinen frühen

Verzweigungen wie die Mehrzahl der Sprosse sind in allen Theilen durchaus übereinstimmend, sie sind einfache Fäden, die eine ausgeprägte Neigung zur Verzweigung besitzen (Taf. II, Fig. 5 a_2). Durch eben diese Verzweigung der Fäden wird aus den einzelnen noch unterscheidbaren Hyphen schon früh ein kleiner Knäuel von dicht verflochtenen Zweigfäden (Fig, 5 b_2). Die reich und zahlreich entstehenden Zweige drängen sich in alle freien Räume ein, sie auszufüllen und dehnen sich vorwiegend nach der Peripherie hin aus. Der Inhalt der umgebenden Mycelfäden wird offenbar nach diesem Verbrauchsorte vorzugsweise hingeführt, denn die Fäden des Knäuels nehmen trotz der Neubildungen nicht an Inhalt ab, sie strotzen von dichtem feinem Protoplasma vorzugsweise an den Enden der Peripherie, die neue und immer zahlreichere Verzweigungen bilden. Durch sie werden die mit der peripherischen Ausdehnung wachsenden Rauminterstitien gedeckt, so dass die Masse der Hyphen mit zunehmender Grösse keine grösseren Lücken bekommt. Wir erhalten so einen Knäuel aus dicht verflochtenen Hyphen, der an seiner Peripherie an Umfang zunimmt und schon früh in der besondern Vertheilung des Längenwachsthums und der Verzweigung der peripherisch gelegenen Hyphen der Kugelgestalt zustrebt (Fig. 5 c). Die einmal angenommene Form wird mit dem fortschreitenden Dickenwachsthum beibehalten oder nur unbedeutend modificirt. Macht man Schnitte durch diese Knäuel, so sieht man nichts wie ein Gewirr dicht verflochtener gleichmässiger Hyphen, deren Zwischenräume von Luft ausgefüllt sind. Führt man die Schnitte radial und genau axil (Taf. II, Fig. 6), so führen die Hyphen convergirend nach der gemeinsamen Ursprungsstelle am Mycelfaden; die ganze Peripherie ist mit kurzen Hyphenenden bedeckt, die sich reich verzweigen und mit ihren dichten kurzen Verzweigungen gleichmässig verlängern (Fig. 6_2). Wenn die Culturen gut geleitet sind, kommen in einer einzigen eine ganze Anzahl von jungen Anlagen vor, die ebenso viele einzelne Stadien der Entwicklung repräsentiren. Ueberall sind nur vegetative Aussprossungen von Fäden gleicher Art als Anfangspunkte zu finden, die an einem Punkte entstehen und sich durch Verzweigung verknäueln. Doch stimmen sie zunächst niemals in der Form überein, und wie im ersten Beginn der Bildung variiren die jungen Anlagen der Sclerotien auch in den nächsten Stadien gar mannichfach; erst wenn sie grösser werden, wenn sie an Umfang wesentlich zunehmen, tritt immer die gleiche Gestalt hervor, und dieselben reich verzweigten Hyphenenden führen

die weitere Grössenzunahme herbei. Sie ist nach der Verhältnissen der Ernährung eine weit verschiedene und wechselt im ausgewachsenen Zustande von der Grösse eines Mohnsamenkorns bis zu den Dimensionen einer grossen Haselnuss (Taf. III, 1 in den sämmtlichen Figuren). Diese letzteren Bildungen wachsen natürlich nicht auf dem Objectträger, sie entstehen allein auf festem Substrate in Massenculturen auf ausgekochtem Pferdemist. Die Objectträgerculturen sind nothwendig, um die ersten Stadien der Bildung zu beobachten, ist man aber über sie klar geworden, so geben allein die Massenculturen das nothwendige Material für weitere Studien ab. Wie früher treten auch hier nach Ablauf von 10 Tagen die Anfänge der Sclerotien auf. Sie bilden sich mit Vorliebe im Innern des Mistes in kleinen lufterfüllten Zwischenräumen. Hier ist ihre Beobachtung unbequem, und es ist besser sie an die Oberfläche zu locken. Hat man nur den Mist festgestampft, dass keine Lufträume im Innern sind, dann bilden sie sich allein an der Oberfläche. Hier hat man noch den Vortheil, dass sie in grosser Zahl heerdenweise neben einander entstehen, dass ihre Bildung wochenlang fortdauert, und dass sie in allen Grössen, in allen Stadien der Bildung der Untersuchung zugänglich sind, die wir noch in ihrem letzten Abschnitte weiter zu verfolgen haben. Bevor wir hierzu übergehen, will ich kurz erwähnen, dass es bei dem massenhaften Auftreten der Sclerotien nahe an einer Stelle unausbleiblich ist, dass sie nicht auch seitlich mit einander in enge Berührung kommen. Dies gibt zu Verwachsungen Veranlassung, die, wenn sie zahlreich stattfinden, monströse kuchenartige Massen (Taf. VIII, Fig. 13 und 15) erzeugen. Seit dem ersten Erscheinen der Sclerotienanfänge auf festem Substrat verlaufen nur wenige Tage, bis die Grössenzunahme aufhört, und die Reihe der Veränderungen vor sich geht, die den Dauerzustand eines fertigen Sclerotiums herbeiführen. Von der ersten dichten Verknäuelung der Hyphen an bis zum ausgewachsenen Zustande behält ein Sclerotium im Innern die gleiche Structur aus dichten vegetativen Hyphenverzweigungen, deren Zwischenräume mit Luft ausgefüllt sind. Sie sehen weiss aus, um so blendender, je mehr Luftinterstitien vorhanden sind, um so matter, je mehr sie verschwinden. Die Verzweigungen am Umfange stehen auf ganz verschiedener Grösse der Sclerotien still, um sogleich einem andern Vorgange das Feld zu räumen. Es dauert mit dem Stillstande der Verzweigung und der Grössenzunahme die Zufuhr an Nährstoffen ungestört fort, diese werden nur von nun an anders verwendet.

Sie werden in den Elementen der Fäden, in ihren Zellen, die kürzer sind als an mycelialen Hyphen, angehäuft. Mit dieser Zufuhr an Nährstoffen dehnen sich die Zellen der Hyphen aus, um sie aufzunehmen. Diese Ausdehnung der Hyphenzellen ist nur durch Verengung der interstitiellen Lufträume überhaupt möglich. Von ihrer Grösse allein hängt es ab, in welchem Grade und in welcher Form sich die Zellen dehnen. Bald schwellen sie an einzelnen Stellen tonnenförmig an, die mit engen Stricturen abwechseln, bald nehmen sie, in ganzer Ausdehnung angeschwollen, die Form eines kurzen oder langen Cylinders an, bald sind nur hie und da kurze seitliche Aussackungen eingetreten (Taf. II, Fig. 7), — kurz alle erdenklichen Formen regelmässiger und unregelmässiger Art sind in den Zellen anzutreffen. Die Luft verschwindet mit der Ausdehnung der Zellen bis auf geringe Reste, die eingeschlossen bleiben und wohl nicht entweichen konnten. Der Zufluss an flüssigen Nährstoffen ist grösser als der Raum in den Zellen; um ihn zu fassen muss in anderer Weise Platz geschafft werden, dies geschieht in äusserst zweckmässiger Weise durch Ausscheidung von Wasser, also durch Concentration des Inhaltes. Während vom Mycelium Nährstoffe zufliessen, fliesst nach aussen Wasser ab. Es quillt an grösseren Sclerotien in dicken Tropfen hervor (Taf. VIII, Fig. 12 und 13, 5 und 6), die gleichsam ausgepresst zu werden scheinen. Die Tropfen vereinigen sich, wenn sie grösser werden und fliessen ab, oder sie verdunsten auf dem reifenden Sclerotium. Wenn die Zufuhr neuer Nährstoffe aufhört, steht auch die Wasserabscheidung still. Dieser Punkt der Entwicklung wird äusserlich in einer Verfärbung der Sclerotien angedeutet. Ihre vorher weisse Farbe bekommt erst einen grauen Ton, der in allen möglichen Farbennüancen schnell ins tiefste Schwarz übergeht. Damit hat das Sclerotium seine volle Reife erlangt, ist allseitig nach Aussen glatt abgeschlossen und auch vom Tragfaden abgetrennt.

An einem fertigen Sclerotium lassen sich Spitze und Basis, die eng begrenzte Insertionsstelle am Mycelium, aufs deutlichste unterscheiden. Auf dem Durchschnitte fallen das farblose Mark und die schwarze Rinde (Taf. II, Fig. 7, 1—3) sofort in die Augen. Das Mark besteht aus einem Scheingewebe der oben erwähnten mannichfach gestalteten Zellen (Fig. 7_3). Sie berühren sich an einzellen Stellen so innig, dass jede Luft zwischen ihnen verschwunden ist. Diese Stellen heben sich als glasig durchscheinende in der übrigen Masse ab, die von kleinen Luftinterstitien heller und lichtglänzender erscheint. Mitunter

ist diese Abwechslung so, dass der Schnitt ein marmorirtes Ansehen hat. Auf dünnen Schnitten kann man natürlich die Gestalt der Zellen nicht erkennen, weil sie aus einem dichten Hyphengeflechte entstanden in jedem Augenblick die Richtung ändern, wie Fig. 7_3 ausweist, aber man sieht deutlich, dass keinerlei Membranverdickungen erfolgen, dass die Wände der Zellen äusserst zart sind, dafür aber der Inhalt dicht und reich ist, dass ein gleichmässiges körnchenfreies lichtglänzendes Protoplasma sie alle gleich erfüllt. Nach der Peripherie ist das Gewebe nicht allmählich verändert, das farblose Mark stösst jäh an die Rinde (Fig. 7_2 und 7_3). Diese hat eine Mächtigkeit von 6—8 Zelllagen, die nicht in der Farbe, aber in der Grösse in verschiedenen Zonen wechseln. In den äussersten 2—3 Zelllagen (Fig. 7_3) sind die Zellen gross, meist länger als breit, und erscheinen mitunter pallisadenartig geordnet, dann werden die Zellen kleiner und haben eine mehr rundliche isodiametrische Gestalt (Fig. 7_2). Die Zellen der schwarzen Rinde sind zu einem festen dichten Gewebe aufs engste verbunden. Ihre Membranen sind schwarz und cuticularisirt, jedoch nicht verdickt. Ohne Zweifel führen die schwarzen Zellen der Rinde Inhalt wie die weissen des Markes, ihr Unterschied besteht allein in der Cuticularisirung der Membran. Die Rinde ist nichts als ein peripherischer Theil der Markmasse, der sich den Bedürfnissen des Dauerzustandes und des äusseren Widerstands gemäss als Rinde modificirt hat. Jede beliebige Zone des Markes kann sich dem entsprechend sogleich in Rinde umwandeln, wenn sie durch einen Schnitt nach Aussen blossgelegt wird. In 2—3 Tagen ist die weisse Farbe verschwunden und die Rinde fertig. Einige Theilungen in den inneren Partien, sowie die engste Verbindung der getheilten Zellen zu dem kleinen Gewebe der Rinde und eine Ausdehnung der äusseren Zelllagen zu den grossen Zellen der Rinde sind die Vorgänge, die nothwendig stattfinden müssen, um aus dem Marke die Rinde zu bilden. Um zu zeigen, dass das Mark in seiner ganzen Masse sich in dieser Beziehung gleich verhält, habe ich Sclerotien wie Kartoffeln mit dem Luftblasenmesser abgeschält, und nach drei Tagen eine Neubildung der entfernten Rinde um das ganze Sclerotium beobachtet. An grösseren Sclerotien habe ich diesen Process in einem Monat 10 mal wiederholt so lange, als ich sie in den Fingern halten konnte und 10 mal eine Neubildung der Rinde erzielt; die Reste des Sclerotium bestanden endlich nur aus Rinde, die aber, wie wir später sehen werden, ganz normal keimte. — Die Rinde der Sclerotien ist äusserlich glatt und glänzend, sie

bekommt erst Runzeln und verliert den Glanz, wenn die Sclerotien eintrocknen. Sie nehmen hierdurch bedeutend an Substanz und Gewicht ab und schrumpfen endlich zu unkenntlichen hornartigen Warzen ein. In diesem trocknen Zustande können sie lange ausdauern, ohne an Lebenskraft und Keimkraft zu verlieren. Ich habe ein Jahr trocken aufbewahrte Sclerotien in Wasser gelegt, in welchem sie wieder aufquollen zu früherem Volumen und Aussehen und dann später keimten. Nicht mehr keimfähige Sclerotien sind leichter wie Wasser, keimfähige sind schwerer und sinken unter. — Das Absterben einzelner Zellen oder auch Zellencomplexe färbt zuweilen das helle Mark gelb oder braun; aber so lange noch lebende Zellen vorhanden sind, ist die Keimkraft nicht erloschen. Das einzige Erforderniss für die Keimung ist genügende Feuchtigkeit und bis zu einem gewissen Grade, wie ich zeigen werde, auch das Licht. Eben gebildete Sclerotien keimen schon am nächsten Tage, wenn man sie auf nassen Sand legt.

Die Keimung der Sclerotien wird in ihren ersten Anfängen als ein äusserst feines weisses Flöckchen auf der schwarzen Rinde bemerkbar. Mit der Lupe sieht man es deutlich, und wenn man stärkere Vergrösserungen anwendet, sieht man, dass es aus einzelnen feinen Hyphen besteht, welche einer schwarzen Rindenzelle[1]) der Oberfläche entsprossen. Die Fäden gleichen den kurzen adventiven Aesten, welche an den Gliederzellen des Myceliums entstehen und haben eine äusserst grosse Neigung zur reichsten Verzweigung. Die Verzweigungen treten schon in dem ersten Flöckchen, wenn es sichtbar wird in nahe Verbindung. Indem sie zunehmen, wächst auch das Flöckchen zu einem grösseren Hyphenknäuel, dessen Elemente im Innern am dichtesten verbunden sind und sich nach aussen in einzelne reich verzweigte Hyphen auflösen. Jede beliebige Oberflächenzelle kann eine solche Hyphensprossung bilden und thut es mitunter. So kommt es denn vor, dass die ganze Oberfläche eines Sclerotium mit Hunderten von Fruchtanlagen auf einmal bedeckt wird (Taf. VII, Fig. 9 u 10). Die beleuchtete Seite ist besonders bevorzugt und immer reicher an Aussprossungen als die andere, die weniger Licht empfängt. Die Verbindung der jungen Fruchtanlage mit dem Sclerotium ist in den ersten Stadien eine ausserordentlich

---

[1]) Es müssen diese Rindenzellen durch die Schwärzung ihrer Membranen die leitende Verbindung mit dem Marke doch wohl nicht verlieren, denn wenn dies geschähe, würde eine weitere Entwicklung der Fruchtanlagen aus den Zellen der Oberfläche, die eine weitere Zufuhr an Nährstoffen nur aus den inneren Zellen erhalten, überhaupt nicht eintreten können.

lose, man kann sie mit einem starken Hauche wegblasen und die leiseste Berührung mit einer Nadel löst die Verbindung ab. Ist sie gelöst, so kann man die Stelle am Sclerotium nicht, auch nicht mit starken Vergrösserungen, sehen, wo die Fruchtanlage gesessen hat, und wenn man hunderte, die ihre Oberfläche auf einmal bedecken, abwischt, sieht das Sclerotium genau aus wie vorher, als es noch nicht gekeimt hatte. Diese Versuche bestätigen und ergänzen die directe Beobachtung, wonach die Sprossungen den peripherischen Rindenzellen entsprossen und eine directe sichtbare Verbindung derselben mit dem weissen Mark nicht besteht. Die Fädensprossungen sind rein vegetativer Natur, sie sind im Anfange mit Sicherheit auf e i n e Zelle des Sclerotium zurückzuführen; ob später, wenn der Hyphenknäuel grösser wird, auch benachbarte und untere Zellen durch Aussprossung theilnehmen, ist nicht mit Sicherheit zu ermitteln, weil die Hyphen des Knäuels (Taf. II, Fig. 9 und 10) die nächste Umgebung überdecken und sich hier fest anschmiegen.

Die Entwicklung der jungen Fruchtanlage ist eine äusserst rapide und eine vorzugsweise massenhafte. Diese Umstände verhindern es, an dieser Stelle die einzelnen Momente der Entwicklung und der Differenzirung der Fruchtanlage mit genügender Klarheit zu fixiren. Hierfür sind Objectträgerculturen geeigneter, in welchen die Bildung die gleiche, aber eine ungleich langsamere ist, und die Fruchtkörper so kleine Verhältnisse annehmen, als sie der Beobachtung irgend erwünscht sein können. Ich will darum auf diese kritischen Punkte dort zurückkommen, wo die Entwicklung der Fruchtkörper unmittelbar auf den Mycelien ohne Sclerotienbildung vor sich geht und den weiteren Verlauf der Keimung der Sclerotien allein hier anschliessen.

Lässt man dem natürlichen Gange der Keimung eines Sclerotiums freien Lauf, so entwickelt sich die Masse der Fruchtanlagen, die an dem Sclerotium auftreten, ihrer Anciennität nach fort (Taf. VII, Fig. IX und X). Dann aber ändert sich allmählich die Sache, nur einzelne und bei k l e i n e r e n Sclerotien nur eine einzige gewinnt einen Vorsprung und entwickelt sich allein, während die übrigen verkümmern und in den verschiedenen Entwicklungsstadien, welche sie erreicht haben, rudimentär bleiben (sämmtliche Figuren der Tafel III). Man hat es in seiner Gewalt, jede beliebige Fruchtanlage zur geförderten zu machen dadurch, dass man die übrigen wegwischt, und mit Leichtigkeit kann man zeigen, dass beispielsweise die jüngst angelegte und mindest geförderte zur Entwicklung

kommt, wenn man alle anderen daran hindert. Aber was geschieht, wenn man sie alle hindert? Ich eruirte diese naheliegende Frage in einer langen Reihe von Fällen. Ich liess die Sclerotien in wenig Tagen auskeimen, bis sie ganz von mehreren hunderten junger Fruchtanlagen bedeckt waren. Dann warf ich sie in Wasser und wusch alle Fruchtanlagen sorgfältig ab, bis nicht eine Spur mehr davon zu finden war, die Sclerotien aussahen wie frische ungekeimte. Für jede Versuchsreihe, dies will ich nebenbei anführen, dienten Culturen von wenigstens 100 Sclerotien, welche ich als grosse schöne Exemplare besonders ausgewählt hatte. Schon nach 2—3 Tagen bedeckten sich die Sclerotien abermals mit neuen Fruchtanlagen nicht minder zahlreich und üppig, als wie es die ersten waren. Ich wusch sie abermals ab und wiederholte denselben Process, sobald in wenig Tagen die Keimungen erneut waren, 6 Wochen hindurch so oft, dass ich gewiss keine Ueberschätzung begehe, wenn ich annehme, dass ich in dieser Frist von den grossen Sclerotien mehrere Tausend junger Fruchtanlagen, die sich in dieser Zeit bildeten, abgewaschen habe. Noch nach der letzten Wäsche sahen sie aus wie ungekeimte und hatten in einzelnen Fällen nicht mehr als ⅓ am Gewichte und den Verhältnissen entsprechend auch an Volumen abgenommen. Ich hätte dasselbe Spiel gewiss noch die gleiche Zeit mit gleichem Resultate fortführen können, wenn es überhaupt noch einen Zweck gehabt hätte dies zu thun. Dagegen verfolgte ich die Versuche nach einer anderen Richtung.

Beweist die erste Reihe zur Genüge, dass jede Rindenzelle zum Fruchtkörper auszukeimen vermag, so erübrigt es noch festzustellen, wie sich die Markzellen verhalten. Ich führte schon an, dass sich das Mark eines Sclerotiums sofort in Rinde umwandelt, wenn man die Rinde wegnimmt und es nach aussen blosslegt. Diese erste Veränderung vollzog sich zunächst, als ich geschälte Sclerotien auslegte; als sie beendigt, die Rinde neugebildet war, kamen aus der eben neugebildeten Rinde des Markes die Sprosse zahlreich und üppig. Die Keimungen waren dieselben an jeder Schnittfläche des Markes. Wenn ich das Mark in hunderte von kleinen Stückchen zerschnitt, keimten aus jedem Stückchen nach seiner Grösse ein oder mehrere Fruchtkörper (Taf. III, Fig. 14, *a—c*). Und dass es wirklich nur Rindenzellen sind, die auskeimen, das kann man sogar experimentell nachweisen. Man hat nur nöthig so dünne Schnitte durch das Mark zu machen, dass sie sich ganz in schwarze Rinde umwandeln,

die keine weissen Markzellen mehr zwischen sich haben; alsdann keimen die Schnitte aus wie normale Sclerotien-Oberflächen. Die Fruchtkörper erlangen einen Punkt der Differenzirung, dass man eben den Hut erkennen kann, dann stehen sie still, weil die Nahrung fehlt.

Aus den sämmtlichen Versuchen bekommen wir das Resultat, dass jede Rindenzelle eines Sclerotiums zur Fruchtanlage auskeimt, dass jede Markzelle zur Rindenzelle werden kann, um wie diese auszukeimen, sobald man sie durch einen Schnitt an die Oberfläche bringt. Diese Keimungserscheinungen bestätigen die Daten, welche wir früher für die Entwicklung der Sclerotien aus directer Beobachtung gefunden haben. Zeigte ihre Entwicklung, dass sie Producte einer vegetativen Sprossung an einem beliebigen Mycelfaden sind, zeigte ihre Structur eine Verbindung aus dem gleichen Elemente der Sprossung, so zeigt nun ihre Keimung, dass diese morphologisch gleichartigen Elemente sich functionell gleich verhalten, dass jede Zelle die gleiche Befähigung in sich trägt, den Gang der weiteren morphologischen Differenzirung aus sich einzuleiten, wie er dem Pilze eigen ist.

Von einer Sexualität bei der Bildung der Sclerotien war nichts zu sehen, auch die erste Anlage der Fruchtkörper ging aus vegetativen Sprossungen hervor, die aus den Zellen des vegetativ erzeugten Sclerotiums keimten. Und die Tausende von Fruchtanlagen, die auf einem Sclerotium sich entwickelten, sollten sie etwa geeignet sein ein günstiges Zeugniss dafür abzulegen, dass ein Sexualact im Innern der Hyphensprosse verborgen vor sich geht, den wir bis jetzt nicht gesehen, dem aber gleichwohl der Fruchtkörper seinen Ursprung verdankte? — Der Gedanke wäre gewiss schön, 5—10,000 Sexualacte an Einem Sclerotium, an Einem Individuum in wenig Monaten!

Die weiteren Schicksale der keimenden Sclerotien sind nun einfach und natürlich. Die geförderten Fruchtanlagen in der Ein- oder Mehrzahl ziehen alle Nahrung des Sclerotiums an sich, die sämmtlichen Zellen des Markes bleiben unthätig. Der Inhalt der Zellen wandert in dem Maasse, als er im Fruchtkörper Verwendung findet, nach den Verbrauchsstellen. Die Zellen werden ärmer an Inhalt, sie erscheinen auf Durchschnitten matt und glasig und die ganze Gewebsmasse des Markes wird weich und durchscheinend (Taf. III, Fig. 18). Die peripherischen Theile sind, soweit man nach diesen Anzeichen schliessen kann, die zuerst wenigstens bis zu einem gewissen Grade entleerten, von da

schreitet der Process nach dem Innern fort. Die Zellen werden schliesslich völlig entleert bis auf das Gerüst der Membranen. Auch deren Contouren werden matter und, wenn sie verschwunden sind, dann ist das ganze Mark verschwunden. Die Rinde allein bleibt zurück, ihre Membranen werden nicht gelöst, sie bilden ein welkes Gerüst, welches einsinkt und bei der geringsten Berührung in Trümmer zerfällt; an dem entleerten Rindenmantel sind die Fruchtkörper inzwischen zur Reife gelangt (Taf. III, sämmtliche Figuren); der ganze Process der Keimung an der Fruchtanlage bis zur Reife hat nicht länger als 7—10 Tage gedauert.

Bei vollem Tageslicht bleibt der Stiel der Fruchtanlage anfangs sehr kurz, der Hut erhält zuerst seine volle Entwicklung (Taf. II, Fig. 8). Schon eine Zeitlang vorher, ehe sie beendet, etwa mit dem 4ten Tage kommen die Rhizoiden (Fig. 8_5) zum Vorschein. Sie wachsen aus dem Basaltheile des Stieles aus, dort wo er am Sclerotium inserirt ist. Es sind Hyphen und Hyphenstränge in reicher Zahl und verschiedener Mächtigkeit. Sie gehen theilweise unzweifelhaft aus dem Stiele hervor aus den Zellen der Oberfläche oder auch aus mehr nach Innen gelegenen Partien; zu einem anderen Theile werden sie so hart auf der Grenze von Stiel und Sclerotium gebildet, dass man zweifelhaft werden kann, ob sie aus dem Stiel allein oder vielleicht zum Theil aus den Zellen des Sclerotiums entspringen, welche unter dem Stiele liegen oder diesem angrenzen (Taf. II, Fig. 9 und 10). Die Hyphensprosse und Stränge gestalten sich hier zu einem Wall, der die Basis des Fruchtkörpers fest und innig an das Sclerotium befestigt. Die Insertionsstelle des Fruchtkörpers wird hierdurch scheinbar vergrössert, indem seine Basis die nächst umliegenden Stellen des Sclerotiums überwallt. Auf einem Längsschnitte, wie ich ihn in Taf. II, Fig. 10 (u. Fig. 9) abgebildet, sieht man die Einzelheiten dieser Vorgänge und der Verbindung des Fruchtkörpers mit dem Sclerotium. Die Aussprossungen ganz am Basaltheile bestehen zumeist aus einfachen Hyphen, welche Fruchtkörper und Sclerotium fest verbinden. Sie entstehen zuerst, höher hinauf keimen die eigentlichen Rhizoiden, mächtige Stränge aus parallel verlaufenden Hyphen, welche an der Basis aus 10—20 Lagen lang gestreckter Zellen bestehen, nach oben dünner werden, oft in mehrere Stränge sich spalten oder allein in feine Spitzen auslaufen. Mit dem Alter nehmen die Basaltheile eine dunkelbraune Färbung an, die Membranen der Hyphen cuticularisiren und gewinnen eine grössere Festigkeit.

Die Zahl der Rhizoiden ist bei den einzelnen Sclerotien verschieden (sämmtliche Figuren der Tafel III), und ebenso abweichend ist die Länge, welche sie erreichen. Beides hängt allein, wie ich bald erkannte, von zufälligen Umständen ab, und man hat es in seiner Gewalt, sowohl die quantitative Erzeugung wie die qualitative Ausbildung zu hemmen oder zu fördern. Je weniger ein Sclerotium den feuchten Boden berührt, je weiter die Fruchtanlage von dem feuchten Sande entfernt ist, um so massenhafter treten die Rhizoiden auf und um so länger werden sie auch (Taf. III, Fig. 1). Sie gehen dann ziemlich hoch am Stiele hinauf, aus dem sie im ganzen Umkreise entspringen und bis zur Länge eines halben Zolles herabwachsen und in den Boden eindringen. Weitere Versuche ergaben, dass der Stiel in dem Acte der Bildung der Rhizoiden gleichsam plastisch ist. An jeder Berührungsstelle mit einem beliebigen festen Gegenstande oder mit dem Substrat treten sie auf, nur nicht so mächtig wie am Fusse. Sobald ich den Stiel in das Substrat bog (um dies auszuführen verzögerte ich die Ausbildung des Hutes durch Verfinsterung, die zugleich die Verlängerung des Stieles fördert), wuchsen an diesen Stellen die Rhizoiden aus, oft auf weite Strecken in einer Ausdehnung von mehreren Zollen (Taf. III, Fig. IV). Legte ich ein Stäbchen oder einen anderen Gegenstand, ein anderes Sclerotium (ungekeimt) oder einen anderen Träger an den Stiel, sogleich wuchsen feine Hyphenbündel hervor, welche beide Fruchtkörper verschweissten, das Sclerotium oder das Stäbchen umwurzelten. Das natürliche Ziel dieser Rhizoiden ist offenbar das feste und feuchte Substrat. In dem Substrate verbreiten sie sich zu langen Fäden als ihre letzten Endigungen. Die Fäden wachsen auch zu neuen Mycelien aus, wenn man es zu Wege bringt, dass sie in geeignete Nährlösungen hineinwachsen.

Ob die Rhizoiden allein der Befestigung dienen oder zugleich auch Functionen der Wasseraufnahme erfüllen, will ich dahingestellt sein lassen. Nöthig ist beides nicht für die Entwicklung des Fruchtträgers, sie geht nur schneller und üppiger von Statten. Die Fruchtkörper gelangen auch zur Reife aus den Wassermitteln, welche ein keimendes Sclerotium in sich fasst, und wenn man alle Rhizoiden mit der Scheere abschneidet, so dass keiner den Boden erreicht, kommt der Fruchtkörper doch zur Reife. Er bleibt nur kleiner als sonst, und die Nährstoffe des Sclerotium sind nicht gänzlich erschöpft, nur zum Theil,

aber soweit angegriffen, dass an solchen halbentleerten Sclerotien (Taf. III, Fig. 18 *b*) weitere Keimungen nicht mehr erfolgen.

Nach dem Auftreten der Rhizoiden ist die Ausbildung des Hutes vollendet, er wird durch die Streckung des Stiels zur mehr wie 10fachen Länge hochgehoben und entleert dann seine Sporen. Höchst auffällig ist es, dass diese Streckung des Stieles erst gegen Abend nach 6 Uhr und die Sporenentleerung nach 10 Uhr, also in der Nacht, in der Finsterniss stattfinden. Diese Abhängigkeit von der Tageszeit kehrte in den Tausenden von Keimungen mit voller Regelmässigkeit wieder, wenn auch der Eintritt der Keimung noch so unregelmässig gewesen war. Diese Beobachtungen führen der Erklärung näher, warum keine der vorhandenen Beschreibungen von Coprinusspecies mit der unserigen genau stimmt, ich möchte fast glauben, dass man sie noch gar nicht gefunden, eben weil der Pilz unter normalen Verhältnissen nicht am Tage aufblüht, sondern erst in der Nacht, wo die Systematiker bisher keine Pilze und Coprinusarten gesucht haben.

Die Entwicklung der Fruchtkörper auf dem mittelbaren Wege mit einem Durchgangsstadium als Sclerotium ist die bei weitem häufigere. Sie tritt immer ein bei üppiger Ernährung der Culturen, in welchen, solange sie vorhält, ausschliesslich Sclerotien gebildet werden, aus denen die Fruchtkörper wie eben beschrieben durch Keimung entstehen. Der Gang der morphologischen Differenzirung kann aber auch ein anderer und einfacherer sein. Es kann die Bildung der Sclerotien so zu sagen übersprungen werden, und, wo dies geschieht, nehmen die Fruchtkörper unmittelbar auf den Mycelien ihren Anfang. Vergleichende Untersuchungen in grosser Anzahl überzeugten mich, dass die Bildung der Sclerotien auf festem Substrat (auf ausgekochtem Pferdemist) eine ausnahmslose Regel ist und dass erst zu Ende der Cultur, wenn die Nährstoffe der Erschöpfung zuneigen, neben kleinen vereinzelten Sclerotien die Fruchtkörper direct ohne Sclerotien entstehen. In voller Uebereinstimmung mit diesen Befunden steht die andere Erfahrung, dass Sclerotien in den Objectträgerculturen verhältnissmässig selten vorkommen, hingegen *die unmittelbare*

---

[1]) Ich komme auf den Einfluss des Lichtes auf die Entwicklung des Coprinus in einem spätern besondern Abschnitt zurück und begnüge mich hier mit der blossen Anführung der Thatsache selbst.

Erzeugung der Fruchtkörper auf den Mycelfäden der häufigere Fall ist. Wir wollen sie darum hier in Betracht ziehen, um damit zugleich dem Gange der Differenzirung der Fruchtkörper von den ersten Anfängen bis zum Abschlusse der Reife zu folgen.

In eben derselben Zeit, in welcher in früheren Fällen die Bildung der Sclerotien in den Culturen bemerkt wurde, in eben dieser erfolgt auch die unmittelbare Anlage der Fruchtkörper auf den Mycelien. Die Zeit schwankt nach den Einflüssen der Jahreszeit resp. der Temperatur vom 8—11. Tage. Die ersten Anfänge der Fruchtkörper treten, denen der Sclerotien gleich, an einzelnen Mycelfäden auf als adventive Sprossungen (Taf. I, Fig. 5 und 6). Es sind ältere Mycelfäden, an denen man die Sprosse, die in die Luft wachsen und dadurch deutlich werden, zuerst gewahrt. Sie nehmen die Mitte der Zelle oder das Ende nahe der Scheidewand ein. Die Zahl der Fruchtanlagen an einem Mycelium, welches selbstverständlich aus einer Spore gezogen wurde, ist für diese Species von Coprinus eine beschränkte. Mehr als 20 Anlagen habe ich in den üppigsten Culturen nicht zu Wege bringen können und mehr als 2 bis 4, an den verschiedenen Seiten gelegen, sind unter diesen nicht zur Reife gekommen, weil damit die Nährstoffe der Mycelien schon erschöpft waren. Wenn man aber die zuerst entstehenden Anlagen in geschickter Weise stört, ohne den Mycelien zu schaden, dann entstehen an demselben oder auch an einem beliebigen anderen Faden neue, und in dieser Weise wird es möglich, künstlich die Zahl der Anlagen bedeutend zu steigern. Ein unter dem Präparirmikroskop schnell geführter mechanischer Eingriff mit einer spitzen Nadel und gleichzeitiges Untertauchen genügt, die Entwicklung zu hindern. Indem so fort und fort neue Anlagen entstehen, bei denen man es ganz in der Gewalt hat, jede beliebige zur Entwicklung gelangen zu lassen, wird es leicht und sicher möglich zu erkennen, dass alle Hyphenaussprossungen zu den Fruchtanlagen rein vegetativer Natur sind, und dass diese ersten Anfänge weder in der Zahl, noch in der Form, noch auch in der Stellung irgend welche Uebereinstimmung zeigen (Taf. I, Fig. 5 und 6 *a*). Bald entstanden mehrere Sprosse ganz nahe zusammen, bald mehr über oder nebeneinander an einer Fadenzelle; in andern Fällen waren es 3 oder 2, sogar nur einer, welche aber schnell weitere Verzweigungen bildeten. Ich habe es schliesslich dahin gebracht, dass ein Mycelfaden in seiner ganzen Länge Fruchtanlagen (Fig. 6 *b*) trieb, von denen keine in den

ersten Sprossen mit den andern übereinstimmte, aber jede beliebige durch Hemmung der übrigen zur Entwicklung gelangte.

Ich liess an dieser Stelle die Frage nicht unentschieden, ob die Mycelien mit dem Beginn der Fructification den Endpunkt vegetativer Entwicklung erreicht haben, oder ob diese, wenn im bestimmten Alter die Fructification beginnt, an den Enden fortdauert und später fort und fort neue Fruchtanlagen entstehen. Die Versuche, in denen ich die Ernährung über diese Zeit hinaus fortdauern liess, entschieden, wie von vorn herein wahrscheinlich, zu Gunsten des letzten Falles.

Es ist charakteristisch für die Hyphensprosse der jungen Fruchtanlage, dass sie eine überaus grosse Neigung zur Zweigbildung besitzen. Der lebhafte Zudrang von Protoplasma aus dem umgebenden Mycelium nach diesen wachsenden Hyphensprossen ermöglicht diese reiche Zweigbildung, ihre Spitzen bleiben immer aufs reichste und dichteste mit Inhalt gefüllt. Die Verzweigungen bilden dann einen kleinen Fadenknäuel, welcher in etwas geförderten Bildungsstadien immer das gleiche Ansehen annimmt (Taf. I, Fig. 5 und 6, *b* und *c*). Macht man den Knäuel durch Austreiben der Luft durchsichtig, entwirrt man ihn mit der Nadel oder durch den Deckglasdruck bei Gegenwart von viel Flüssigkeit, so lösen sich die Fäden auseinander und sehen sämmtlich gleich aus, sie sind nichts als vegetativ entstehende Sprosse, welche sich durch Zweigbildung verknäueln. Diese an einem Mycelfaden enstehenden jungen Fruchtanlagen stimmen wieder genau überein mit denen, welche aus der Oberfläche eines Sclerotiums nach unserer früheren Beobachtung hervorsprossen, und wir dürfen nach der Uebereinstimmung und der sichern Erkenntniss, wie die Anlage am Mycelfaden entsteht, annehmen, dass der einzige Unterschied zwischen den Fruchtanlagen, welche an einem Sclerotium und denen, welche direct an einem Mycelium entstehen, darin besteht, dass in einem Falle die Sprosse an einer Zelle des Sclerotium, im anderen Falle an einer Zelle des Mycelfadens entstehen; dass jede Zelle sie zu erzeugen vermag, ist sattsam in beiden Fällen eruirt. Demnach dürfen die Sclerotien nicht als fructificative Bildungen angesehen werden, welche an einem bestimmten Punkte der Entwicklung den Ruhezustand annehmen und mit dessen Abschluss die sistirte Entwicklung weiterführen, wie es für Penicillium [1])

---

[1]) *Brefeld*, Schimmelpilze, 2tes Heft, Entwicklungsgeschichte von Penicillium.

der Fall ist; sie haben nur den morphologischen Werth vegetativer Zustände, sie sind Mycelien, welche unter Umständen nach bestimmtem Bildungsgange in die morphologisch klar und scharf ausgeprägte und höher differenzirte Form des Dauerzustandes[1]) überzugehen vermögen, die Bildung der Fruchtkörper beginnt auf ihnen vom Anfange wie am Mycelfaden.

Die Hyphenverbindung der jungen Fruchtanlage[2]) vergrössert sich schnell, die Vergrösserung wird ausschliesslich herbeigeführt durch fortdauernde Neubildung von Hyphen, welche als Verzweigungen an den ersten entstehen. Diese ist im Innern stärker als in der Peripherie und muss naturgemäss sehr bald zu einer seitlichen Berührung der Hyphen führen. Ein Umstand, der diese Verbindung der Hyphen im Innern fördert, besteht darin, dass sich die Zellen eines Theiles und zwar des innersten und untersten seitlich dehnen und dabei zugleich in die Länge strecken (Taf. II, Fig. 1_2). Sie schliessen hier zu einem Gewebe zusammen, welches also in seinen Anfängen aus länglichen Zellen besteht, die nach oben in gewöhnliche Hyphen übergehen und auch seitlich in diese auslaufen, die also ganz von Hyphen umhüllt sind. *In diesem Stadium der Entwicklung sieht die Fruchtanlage äusserlich wie ein Hyphenknäuel* (Taf. I, Fig. 5*c*) *aus, der Knäuel besteht im Innern aus einem Kern von falschem Gewebe, von der Hülle aus Hyphen umgeben;* beide gehen unmittelbar in einander über. In dem Gewebekern, der sich nach unten verjüngt, weil hier die Elemente selbst an Menge abnehmen, findet in der mittleren und unteren Partie die weitere Dehnung und Streckung der Zellen zuerst statt. Hierdurch wird seine Form zunächst bestimmt. Er erscheint in der Mitte bauchig aufgetrieben, läuft nach unten schmäler aus und ebenso nach oben[3]), wo er in Hyphen übergeht. Dieser Gewebekern bildet die *erste Anlage des Stieles*, seine basalen Partien gehen auch später nach beendigter Streckung

---

[1]) Bezüglich weiterer Einzelheiten über morphologische Beurtheilung der Sclerotien verweise ich auf die späteren Abschnitte dieses Heftes über Agaricus melleus und die Rhizomorphen.

[2]) Die Fruchtkörper in ihrer weiteren Differenzirung sind wieder zum wesentlichen Theile an den Keimungen der Sclerotien verfolgt, wo die Bildungen reicher und massenhafter sind. Die Objectträgerculturen dienten zur sichern Beobachtung der ersten Entwicklungsstadien, darüber hinaus sind die Keimungen auf den Sclerotien ein ungleich günstigeres Material für die weitere Untersuchung.

[3]) Später gleichen sich durch secundäre Bildungen diese Verhältnisse fast vollkommen aus, namentlich an der Basis.

der Zellen zuerst in den Dauerzustand über; die Anlage und Ausbildung beginnt also an der Basis, um von da nach oben fortzuschreiten.

An der Grenze, wo die Stielanlage nach oben in Hyphen ausgeht, findet nun eine äusserst intensive Neubildung von Hyphen (Taf. II, Fig. 2_{4}) statt, aus welchen der Hut hervorgeht. Von dieser Neubildung bleiben die peripherischen Hyphen überhaupt ausgeschlossen, oder vielmehr die peripherischen Hyphenenden, sie geht nur im Innern vor sich und zwar nur auf dem inneren mittleren Theile der Stielanlage. Die Hyphen entstehen in dichter Masse durch Auszweigungen der vorhandenen. Sie wachsen dicht zusammen und breiten sich in die Umgebung aus. Diese Ausbreitung geschieht dadurch, dass die seitlichen Neubildungen an ihnen vorzugsweise reiche sind, diejenigen hingegen, welche in die Verlängerung des Stieles fallen, nur bis zu einem bestimmten Punkte im Gipfel kuppelförmig eng zusammen schliessen, darüber hinaus in lose Hyphen auseinander gehen, welche zwischen die vorhandenen hineinwachsen. Diese seitlichen Neubildungen werden immer reicher, je mehr die Peripherie zunimmt. Sie haben die Eigenthümlichkeit vorzugsweise dicht und reich zu sein an der inneren und unteren Seite, während die nach aussen gewendeten über eine schärfer geschlossene Zone hinaus, welche die des Gipfels nach unten fortsetzt, ebenfalls in lose Hyphen auslaufen. Durch die Verlegung der Vermehrungs- und Wachsthumszone nach der innern untern Seite wird die Form des Ganzen, je mehr sie zunimmt, um so ausgeprägter kuppelförmig (Taf. II, Fig. $3_{4 \text{ u. } 5}$). Die Förderung der Innenseite dauert fort, bis die Vegetationszone ganz nach unten gewendet ist. Schon ehe dies völlig erreicht ist, erkennt man, wie die immerfort einseitig nach unten und innen geförderten reichen Hyphenverzweigungen sich mehr und mehr parallel neben einander ordnen und schliesslich in Form dicht geschlossener Hyphenenden die Spitze des Randes einnehmen, als eine Marginalwachsthumszone (Taf. II, Fig. 4_{4}), welche eine Verlängerung senkrecht abwärts über den Stiel hinab vermittelt.

Diese hier besprochenen Vorgänge an der Spitze der jungen Stielanlage führen zur Bildung des Hutes. Schon in frühen Stadien schliessen sich in der Gesammtanlage die Elemente in einer bestimmten Zone eng zusammen. Sie grenzt ziemlich scharf umschrieben einen innern Kern aus der Masse des Ganzen ab, der die Form des Hutes (Fig. 3 und 4) hat. Alle Hyphenelemente, welche loser verbunden nun ausserhalb dieser Begrenzung des Hutes liegen, nehmen

an seiner Bildung keinen Antheil. Sie sind gleichen Ursprunges wie der Hut, und gehen unmittelbar in ihn über, oder entspringen, wenn man den fertigen Zustand besieht, aus seiner Oberfläche.

Diese Begrenzung des Hutes theilt folglich die Hutanlage in 2 Theile, in einen inneren ziemlich scharf umschriebenen, welcher vorläufig aus dicht verbundenen Hyphen besteht und nach unten abwärts in die Marginalzone übergeht, die sich durch Spitzen- resp. Randwachsthum verlängert, und in einen äusseren, aus lose verflochtenen Hyphen bestehend, die um so loser werden, je weiter sie nach aussen liegen (Fig. 3 und 4 $_{4-6}$). Durch diese Differenzirung im Innern, welche zunächst wohl zu einer sichtbaren scharfen Abgrenzung beider Theile, aber noch nicht zu einer Trennung geführt hat, entstehen der Hut im engern und seine Umhüllung die Volva. Die Volva setzt sich unmittelbar in diejenigen Hyphenelemente fort, welche bei der Bildung des Stieles keine unmittelbare Verwendung fanden und ihn umhüllen, so dass hierdurch die Hülle den ganzen Fruchtkörper als Velum universale umschliesst (Fig. 2, 3 und 4).

De Bary[1]) fasst diese Hülle nicht als Velum universale auf, als eine Volva, wie sie z. B. Amanita besitzt, vielmehr als einen blossen Ueberzug von Haaren, welcher oft Velum genannt wird; nach ihm sind »die mit einem Schleier versehenen Agaricinen dadurch unterschieden, dass sich ihr Fruchtkörper nicht durch einfach centrifugales Wachsthum eines Hyphenbündels aufbaut, sondern zuerst einen aus gleichförmigem Bildungsgewebe bestehenden Körper vorstellt, in dessen Innerem die einzelnen Theile durch Differenzirung angelegt, gleichsam aus der homogenen Grundmasse herausmodellirt werden.« Diese Deutung ist nicht zutreffend. Die Beobachtung junger Zustände von Coprinus stercorarius zeigt, dass von vorn herein ein Velum universale vorhanden ist, eine Hülle von Hyphen, aus deren inneren basalen Theilen die Differenzirung des Fruchtkörpers allein vor sich geht, während die peripherischen hiervon keinen Antheil nehmen und die Hülle bilden. Lediglich von dem Umstande, ob die Differenzirung der Huthaut schon früh eine scharfe ist, oder ob die Abgrenzung des Hutes erst später erfolgt und die Hülle in Continuität mit dem Hute zugleich mit diesem Vergrösserung und Massenzunahme erfährt, hängt es ab, welche Dimensionen das Velum annimmt und in welchen genetischen Beziehungen es noch in

[1]) *De Bary*, Morphologie und Physiologie der Pilze. Seite 72—73.

reiferen Stadien mit dem Hute selbst steht. Bei Amanita ist die Differenzirung im Princip keine andere wie hier.[1]) Die primären Hyphenelemente, in welchen die Differenzirung erfolgt, sind etwas massenhafter und dichter; dann bildet sich ziemlich früh eine dichte Huthaut aus, welche alle peripherischen Elemente ausser Betrieb setzt und eine so scharfe Abgrenzung beider Theile herbeiführt, dass der Hut wie ein besonderes Gebilde aus einer besonderen Umhüllung hervortritt; während man sich im jugendlichen Zustande mit Leichtigkeit von dem inneren Zusammenhange beider, ihrer gemeinschaftlichen Fortbildung und Vergrösserung und der späteren scharfen Abgrenzung nach der besonderen Differenzirung der Huthaut mit Leichtigkeit überzeugen kann. Durch die etwas dichtere Verbindung der primären Fruchtkörperelemente, ihre grössere Massenanlage und ihre spätere stärkere, wenn auch nur kurze Zeit bis zum Auftreten der Huthaut währende Fortbildung, erscheint die Volva als compacteres, im Gegensatze zu dem scharf abgegrenzten Fruchtkörper mehr einheitliches Gebilde, als dies dann möglich sein kann, wenn es nur aus loseren Hyphen besteht, welche noch dazu durch spätere Veränderungen, wie wir bald sehen werden, ganz zerfallen. Diese Unterschiede sind keine principiellen, sondern nur graduelle. Auf's klarste zeigt dies ein Vergleich von Coprinus stercorarius mit Amanita, und die Beschreibung anderer Coprinusarten wird es weiterhin darthun. Wir werden bei diesen Fälle treffen, wo das Velum universale unbedeutender, wo es durch Huthautbildung früher abgegrenzt und schliesslich nur mehr rudimentär vorhanden ist, eine Reihe von Erscheinungen, die nach moderner Deutung zu der Auffassung führen würden, dass die Volva der Agaricinen eine im Rückschreiten begriffene morphologische Bildung ist, die sich vorläufig zwar in allen Abstufungen erhalten hat, aber zum Theil bei den gymnocarpen Formen bereits ganz verloren gegangen ist.

Gehen wir nach diesem kurzen Excurse zum Coprinus zurück, so zeigen die Fruchtkörper schon in sehr frühen Stadien der Entwicklung die erste fundamentale Differenzirung in Stiel, Hut und Volva (Taf. II, Fig. 2, 3 und 4). Sie ist schon nach 1—2 Tagen[2]) erreicht und lässt in diesem

[1]) Man vergleiche die spätere Abhandlung über Amanita.

[2]) Wenn darum Herr *van Tieghem* in seiner ersten Mittheilung in der Pariser Akademie »sur la fécondation des Basidiomycetes« sagt, dass die von ihm beobachteten, durch den allein von ihm bis jetzt gesehenen Sexualact entstandenen Fruchtkörper nicht ganz völlig reif geworden sind, so

Stadium die Form des zukünftigen Fruchtkörpers deutlich erkennen. Alle drei Hauptelemente aus dieser ersten Differenzirung sind gleichen Ursprungs, es ist das gleiche vegetativ entstehende Hyphenelement, aus welchem sie hervorgehen. Nicht im ersten Anfange, nicht bei der ersten Differenzirung — den überhaupt möglichen Stellen — ist von Sexualität eine Spur zu erkennen, noch auch ein Vorgang wahrzunehmen, der auf die Mitwirkung eines sexuellen Einflusses von Ferne schliessen liesse. Ich unterlasse nicht dies besonders zu betonen und anzuführen, dass ich diese Beobachtungen als das Resultat von hunderten übereinstimmender Einzelfälle verzeichnen kann, und dass ich glaube, diese Thatsachen an Sicherheit den klarsten gleichstellen zu können, welche in unserer Wissenschaft seither Anerkennung gefunden haben.

Ich zog bei der Ausführung der Beobachtungen von einem Umstande Vortheil, den ich ganz zufällig bemerkte, auf den ich in einem besonderen Abschnitte zurückkommen werde. Die Entwicklung dieses Pilzes steht in ganz merkwürdigen Beziehungen zum Licht. Wenn es entzogen wird, so tritt eine mehr oder minder vollständige Vergeilung ein, der Stiel (Taf. III, Fig. 5 und Taf. VII, Fig. 9 und 10) erreicht eine enorme Länge, nnd der Hut entwickelt sich nicht oder äusserst langsam. Die Vergeilung ist begleitet von andern Momenten untergeordneter Art. Es wird die Massenentwicklung gehindert, die Fruchtanlagen bleiben äusserst klein und schmächtig. Unterstützt man schliesslich noch die Wirkungen der Finsterniss durch Abkühlung, so bekommt man schliesslich Zwerggebilde von der minutiösesten Art (Taf. VIII, Fig. 7—11), die für die Beobachtung wie geschaffen sind. Die Anlage des Hutes ist in den feinsten Abstufungen auf den langen Stielen zu finden und so bis ins Detail zu übersehen, als es nur gedacht werden kann. Die Vergeilungen des Stieles beginnen, wenn die Hutanlage als solche kaum erst zu erkennen ist. In Taf. IV, Fig. 2 habe ich einen Längsschnitt dargestellt, an welchem man den directen Uebergang der Elemente des Stieles in die des Hutes und der des Hutes in die Volva deutlich sieht. Der Stiel hatte eine Länge von mehreren Zoll (das Stadium der Fig. 7 auf Tafel VIII), während die Hutanlage in diesem rudimentären Zustande ver-

---

ist dies von gar keiner Bedeutung, weil man schon an den jugendlichsten Fruchtkörpern gleich nach ihrer Bildung, wenn sie noch um 8 Tage von der Reife entfernt sind, die Identität des Fruchtkörpers in seiner bereits scharf ausgeprägten charakteristischen Form mit vollster Sicherheit entscheiden kann, und darum eine Verwechslung ganz unmöglich ist.

blieb. Denken wir uns den vergeilten Stiel auf ein Minimum verkürzt (denn seine Verlängerung ist die einzige Veränderung, welche in der Fruchtanlage eingetreten ist), so haben wir das spiegelklare Bild von einem jungen Fruchtkörper in seiner ersten Differenzirung.[1]) Wie sich dann die Hutanlage weiter entwickelt, das habe ich in einem 2ten Schnitte (Taf. IV, Fig. 3, der Schnitt entspricht dem Entwicklungsstadium der Fig. 10 auf Taf. VIII) zur Anschauung gebracht von einem ähnlich vergeilten Fruchtkörper, an welchem der Hut etwas weiter vorgeschritten ist. — Ein günstigeres Object dürfte für diese Beobachtungen kaum zu finden sein, hier wird das Hinderniss der zu grossen Massenentwicklung, die eine klare Einsicht verdeckt und oft unmöglich macht, leicht und sicher überwunden.

Nach der ersten Differenzirung des Fruchtkörpers in Stiel, Hut und Volva wird es nothwendig, jeden Theil für sich und in Beziehung zum Ganzen zu verfolgen.

Der zuerst angelegte Stiel erfährt, nachdem sein Gipfel zum Hut veranlagt ist, naturgemäss keine Verlängerung mehr an dieser Stelle. Sie wird fernerhin durch intercalare Theilungen (Taf. IV, Fig. 2 und 3_4) bewirkt, welche in den zuerst angelegten Stielelementen unmittelbar unter der Hutanlage neu eintreten. Die solcher Art neugebildeten Zellen beginnen sich in dem unteren Theile des Stieles zu strecken, während sie nach oben fortfahren sich zu theilen. Weil die Theilungen an derselben Stelle in den Zellen fortdauern, wo sie zuerst aufgetreten sind, müssen sie nothwendig einem Reihengewebe Ursprung geben, woraus der Stiel thatsächlich besteht. Ob sie in einer Zellzone anfangen und späterhin in dieser fortdauern, oder zugleich in mehreren über einander, lässt sich mit Sicherheit nicht sagen, dem Ansehen nach sind immer mehrere in Theilung begriffen; es scheinen die Theilungen im ganzen obern Theile des Stieles zu erfolgen und von den durch Theilung neugebildeten Zellen strecken sich die unteren ganz allmählich in die Länge. Von oben nach unten verfolgt, haben wir also eine Theilungszone aus kurzen, fast tafelförmigen Zellen, welche nach unten eine längere Form annehmen und cylindrisch werden.

---

[1]) Natürlich sind die ursprünglichen Hyphen der Volva, soweit sie dem Stiele angehören, durch die grosse Streckung des Stieles auseinandergetrennt. Oben auf der Hutanlage sind die Hyphen der Volva bereits zu kugeligen Blasen zerfallen und fahren fort sich an den Enden in diese umzuwandeln; ich komme auf diese Veränderungen der Volva sogleich zu sprechen.

In der Ausbildung der Elemente zeigt der Stiel von innen nach aussen, also in centripetaler Richtung eine grosse Verschiedenheit, die für seine spätere Structur entscheidend ist. Schon in der ursprünglichen Stielanlage ist die Verbindung der Hyphen im Centrum eine weit lockerere als in den mittleren Partien (Taf. IV, Fig. 4 und 5). Sie ist hier eine vorzugsweise innige, um sich nahe dem Umfange wiederum zu lockern (Fig. 5 $_{1\ u.\ 2}$). Die Vermehrung der Stielelemente durch Neubildung von Hyphen dauert noch deutlich in der Peripherie (Fig. 5_3) fort, wenn sie im Innern erloschen scheint, und sich hier die Zellen, dem zunehmenden Umfange des Ganzen durch Neubildung in der Peripherie folgend, seitlich auszudehnen anfangen. Es zeigt sich nun, dass nur die mittleren Lagen (Fig. 5_2) sich ausdehnen, und dass diese in eine centrale Partie übergehen, welche sich nicht ausdehnt, vielmehr den ursprünglichen Hyphendurchmesser (Fig. 5_1) beibehält. Wenn dann später die Vermehrung der Elemente in der Peripherie nachlässt und nun auch hier eine Ausdehnung der Zellen in radialer und tangentialer Richtung erfolgt, schreitet hiermit die Ausdehnung in der mittlern Zone weiter fort, die centrale Partie aber wird langsam in ihrem Zusammenhange gelockert und endlich, weil sie sich gänzlich passiv verhält, auseinander gerissen: es entsteht ein Markraum (Fig. 4_2).

Die Zunahme des Stielumfanges von oben nach unten durch fortdauernde Neuanlage in der Peripherie und durch Ausbildung der Elemente vergrössert auch gleichmässig den Markraum, seine Innenfläche wird immer loser bekleidet von den einst und oben noch verbundenen centralen Hyphen. Wir können uns auf successiven Querschnitten über diese Vorgänge bis in's Einzelne vergewissern. Ein Schnitt durch die oberste Spitze zeigt eine dichte Verbindung von Zellen nicht viel von einander verschiedenen Lumens, etwas tiefer werden die mittleren Zellen merklich grösser, sie gehen nach dem Centrum und nach der Peripherie in die kleinen über. Dann wird mit dem Wachsen der mittleren Zellen die centrale Partie gewaltsam getrennt und der Markraum sichtbar. Er wird grösser, je mehr die Dehnung der Zellen nach dem Umfange hin zunimmt und die mittleren dieser Dehnung durch Vergrösserung nachkommen. Am äusseren Umfange bleibt schliesslich eine Zone von Hyphen von der festen seitlichen Verbindung ausgeschlossen, sie bildet als dicke lufthaltige Hyphenbekleidung des Stieles, zugleich eine Grenzscheide zwischen der Innenseite des Hutes und dem Stiele, wenn er vom Hute überwachsen wird.

Diese ausgeprägt centrifugale Ausbildung der Elemente des Stieles macht es sehr wahrscheinlich, dass die cambialen Reihentheilungen für seine spätere Verlängerung zuerst in den mittleren durch Dehnung bereits vergrösserten Zellen anheben, und dass sie von hier nach dem Umfange fortgehen, wenn die Vermehrung durch Neubildung aufhört und die seitliche Dehnung der Zellen anfängt. Was ich auf vielen Längsschnitten sehen konnte, steht hiermit im Einklange eine ganz sichere Entscheidung kann die Beobachtung nicht geben. Die Querschnitte machen in ihrem Zellnetze den Eindruck eines echten Gewebes. Die Zellen haben polyedrische Gestalt und sind ohne Intercellularräume fest verbunden. Einzelne Gruppen von kleinen Zellen, die man in ihnen bemerkt, sahen bei oberflächlicher Ansicht so aus, als ob sie durch Theilungen der Zellen nach allen Richtungen des Raumes, also durch echte Gewebebildung, entstanden wären. Ich habe aber auf den vielen Schnitten, die ich genau besah, keinen Fall gefunden, der für das Vorkommen von Theilungen der Zellen beweisend sein könnte, auch nur dafür spräche, dass eine der grösseren Zellen durch Theilung die kleinern bildete; dies müsste nach der Gestalt der Tochterzellen und der Lage der Wände gewiss zu sehen sein, wenn es in Wirklichkeit der Fall wäre. Auch auf Längsschnitten in grosser Auswahl und genügender Feinheit habe ich eine Spaltung der Reihen durch Längswände niemals mit Sicherheit gesehen. Wahrscheinlich scheint es mir indess, dass die Zellen des Stieles seitlich aussprossen und dass diese Sprosse sich zwischen die vorhandenen Stielelemente eindrängen, dass diese Form der Vermehrung der Elemente vorzugsweise in der Peripherie des Stieles fortdauert, und so seine Verdickung und den grossen Markraum in ihm natürlich herbeiführt. In mehreren Fällen habe ich die kleinen Zellen, die sich in der Umgebung der grösseren befinden, durch Präparation von Längsschnitten als Seitensprosse der grösseren sicher erkannt. In ihrer Structur weichen die kleinen schmächtigen Stiele von denen grosser mächtiger Fruchtkörper erheblich ab. Diese kleinen Fruchtkörper haben gar keine Markhyphen, es haben sich alle Elemente zu einer einheitlichen Gewebemasse zusammengeschlossen. Die Fig. 2 und 3 sind Fälle solcher Art, dagegen fehlten bei grossen Fruchtträgern die Markhyphen niemals.[1])

[1]) Weitere Abbildungen über die Structur älterer Stiele habe ich nicht gegeben, weil man sich die geschilderten Einzelheiten und weiteren Veränderungen nach den Figuren 4 und 5 ohne Schwierigkeit vorstellen kann.

Die Hutanlage ist bei genügender Beleuchtung in der Entwicklung mehr und schneller gefördert als der Stiel, wiewohl dieser zuerst angelegt wird (Taf. II, Fig. 8 und 9). Der Stiel bleibt kurz und wird von dem Hut, welcher sich in seiner nach unten gewendeten Randzone durch Spitzenwachsthum verlängert, ungefähr in dem Grade überwachsen, als er an Länge zunimmt (Taf. VIII, Fig. 7—11 und Taf. IV, Fig 3). Der Hut wächst aber nicht bloss in die Länge an der Randzone, er nimmt auch an Durchmesser zu mit seiner Länge. Die Innenfläche des Hutes ist die Stätte weiterer Neubildungen, die schon zu einer Zeit anfangen, wo die abwärts wachsende Randzone eben ausgebildet ist.

Anfangs eben und gleichmässig erheben sich in kleinen aber gleichen Abständen von einander Vorsprünge, welche nach Innen, also concentrisch, auf den Stiel zuwachsen. Ob sie in der Randzone angelegt werden, oder ob sie auf älteren Theilen der Hutinnenseite anheben und nach dem Rande sich verlängern und mit ihm fortwachsen, das dürfte kaum festzustellen sein, weil der Hut noch zu klein und die Bildung eine zu schnell fortschreitende ist, um dies sicher zu entscheiden. An durchsichtig gemachten jungen Hutanlagen (Taf. VIII, Fig. 11) sah ich immer schon in der Flächenansicht mehr oder minder lange parallele Streifen, die von oben nach unten in den Hutrand ausliefen; aber der Umstand, dass sie bis in den Hutrand auslaufen, lässt mit einiger Wahrscheinlichkeit schliessen, dass sie auch ursprünglich in ihm entstehen. Ueber ihre Structur gibt ein dünner Querschnitt (Taf. IV, Fig. 4, 5 und 6) die beste Auskunft. Sie bestehen aus einzelnen Bündeln eng und luftfrei verbundener Hyphen, welche als neue Vegetationsheerde alle gleichzeitig[1]) und so nahe neben einander auf der Innenfläche des Hutes entspringen, dass ihre Elemente an der Basis der Insertion sich berühren (Fig. 4—6) und auch später, wenn die Bündel länger sind, nur enge lufterfüllte Zwischenräume zwischen diesen bestehen lassen, welche

[1]) Die Figuren 4—6 geben nicht die ersten Stadien der Lamellenbildung im Querschnitt wieder, wo nur primäre gleichzeitig entstehende Lamellen, die alle die gleiche Länge haben, vorhanden sind; sondern sie entsprechen älteren Stadien, wo bereits secundäre Lamellen zwischen den primären intercalar angelegt sind. Es ist aber leicht, sich den ersten Zustand aus der Fig. 5 zu construiren, dadurch, dass man die Hutwand nach innen an die Spitze der längsten secundären Lamelle verlegt, alsdann bekommt man ein Bild mit sehr kurzen aber gleich langen Lamellen, die alle bis zum Stiele reichen. Mit Rücksicht auf diesen Umstand habe ich die angefertigten Abbildungen der ersten Stadien der Lamellenbildung nicht mit in Figuren der Tafeln gegeben.

von der Fläche gesehen als parallele Streifen erscheinen. Jedes Bündel wächst für sich durch Spitzenwachsthum. Es besitzt oben einen Vegetationspunkt, von welchem aus die Neubildungen in eigenthümlicher und bestimmter Art angelegt werden. Im ersten Ursprunge beträgt die Zahl der Hyphen eines jeden Bündels in der Profilansicht (Taf. IV, Fig. 6_{4-6}), also in der Breite, etwa 7—9. Die Hyphen (in entsprechenden Abständen wie alle Hyphen dieser Pilze von Scheidewänden durchsetzt) laufen nebeneinander geordnet in die Spitze aus, endigen hier aber nicht auf gleicher Höhe und in der gleichen Zahl der Hyphen; die Enden (Fig. 6_5) sind zahlreicher und müssen weiterhin schon durch Verzweigung entstanden sein. Die mittleren Enden sind die längsten, sie fallen in die Verlängerung der Axe, die anderen sind kürzer und biegen in der Richtung seitlich ab. Die Richtung nährt sich um so mehr einem rechten Winkel zur gedachten Axe des Bündels, je weiter rückwärts sie enden. Diese orthogonaltrajectorische Anordnung der Hyphen kommt so zu Stande, dass in der äussersten Spitze eine Neuanlage von Hyphen durch Auszweigung der vorhandenen erfolgt. Alle Enden nämlich, welche jeweils die Spitze bilden, wachsen nicht weiter, sie schwellen keulenförmig an, dafür treten immer neue Seitensprosse an der Spitze auf, die sie zur Seite schieben und über sie hinaus wachsen. Diese steten Neubildungen an der Spitze können unmöglich anders als wie als Seitensprosse der vorhandenen Hyphen der Bündel auftreten, weil sonst mit Nothwendigkeit die Bündel an der Basis dicker werden müssten, was nicht der Fall ist. Nach der Thatsache, dass die Bündel, sich durch Spitzenwachsthum verlängernd, die gleiche Breite behalten, ihre Hyphen nicht zahlreicher werden, ist mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass sich hier an der Spitze ein Vorgang nach Art einer sympodialen Verzweigung abspielt (die man natürlich mit Sicherheit nicht sehen kann), bei welchem immer die Spitzen d. h. die äussersten Enden durch weitere Zweigbildung in der Spitze zur Seite geschoben werden, sobald sie zu wachsen aufhören und keulenförmig anschwellen. Diese Zweigbildungen müssen aber regelmässig nach rechts und links auf der entgegengesetzten Seite erfolgen, auf der rechten Seite links und auf der linken rechts. Geschieht dies nicht, so würde die regelmässige Anordnung nicht wohl möglich sein, wie wir sie an den rückwärts gelegenen Partien der Lamellen wahrnehmen. Die zur Seite geschobenen einst an der Spitze gelegenen Hyphenenden ordnen sich pallisadenartig. Sie sind von einer länglich keulenförmigen Gestalt, und durch ihre obere

Anschwellung, welche später vom Tragfaden an seinem Uebergange in die mittleren Hyphen der Lamelle durch eine Scheidewand abgegrenzt wird, wird es zugleich ermöglicht, dass sie den grösseren seitlichen Raum ausfüllen und mit einander in die engste Verbindung treten (Fig. 6_5). Im Anfange endigen sie alle auf gleicher Höhe und bilden darum nach beiden Seiten eine glatte Oberfläche.

Alle auf der Hutinnenseite nebeneinander entstehenden Vegetationsheerde wachsen in der eben beschriebenen Weise centripetal fort, die Neubildungen, welche nicht an Breite zunehmen, gleichen leistenartigen Vorsprüngen der Hutwand mit concentrischer Entwicklung. Weil sie schon früh oben in dem jugendlichen Hute angelegt werden und in ihrer Entwicklung fortschreiten mit dem Längenwachsthum des Hutes in der Randzone, so werden sie hierdurch von oben nach unten länger, sie erstrecken sich als Längsleisten von dem oberen Theile des Hutes bis zu seinem unteren fortwachsenden Rande. Ueberall ist ihre Structur die gleiche, man mag den Schnitt führen, wo man will. Ihre Neubildung dauert mit der wachsenden Randzone des Hutes an dem unteren Rande fort und während die Leisten von oben nach unten in verticaler Richtung mit dem Hute selbst verlängert werden, nehmen sie gleichzeitig durch centripetales Wachsthum in horizontaler Richtung an Ausdehnung zu. Die besprochenen Bildungen sind die Lamellen des Hutes, sie bedecken, wie die Zähne eines Rades nebeneinander geordnet, die Innenfläche des Hutes basifugal vom Gipfel des Hutes und centripetal von seiner Innenfläche aus an Länge und Breite zunehmend. Ihrem Längenwachsthume setzt erst spät das Erlöschen der Randzone des Hutes ein Ziel, für ihre Ausdehnung in radialer Richtung würde der Stiel, den die Hutanlage nach unten wachsend überdeckt, sehr früh die Grenze des Vordringens bilden, wenn nicht secundäre Bildungen hinzukämen.

Der Raum zwischen Hut und Stiel, der nach dem Ueberwachsen des Hutes zwischen beiden bleibt, ist für das radiale Wachsthum der Lamellen disponibel. Aber die Lamellen würden sehr kurz bleiben, sie würden aufhören müssen zu wachsen, sobald ihre Spitzen bis in die peripherischen Hyphenelemente des Stieles vordringen, wenn nicht neuer Raum geschaffen würde, wenn nicht der Hutumfang erweitert, dadurch der Zwischenraum zwischen Hutwand und Stiel vergrössert und somit ein Wachsthum der Lamellen in radialer Richtung ermöglicht würde.

Beliebige Querschnitte von jugendlichen Fruchtkörpern, in welchen die Lamellen noch sehr kurz sind, zeigen uns, dass sie bereits mit ihrer Spitze den Stiel erreicht haben.[1]) Wie gelangen sie nun zu ihrer vollen Ausdehnung durch weitere Neubildung? wie sollen die Lamellen in centripetaler Richtung weiter wachsen, nachdem sie den vorhandenen geringen Zwischenraum zwischen Hut und Stiel schon zu einer Zeit ausgefüllt haben, wo sie nur etwa den 5—6ten Theil ihrer wirklichen Ausdehnung erreicht haben, ehe die Streckung, die später der Neubildung folgt, in ihnen beginnt? Die Frage ist von der grössten Bedeutung, wenn man überhaupt über die Morphologie des Hutes in's Klare kommen will, und doch ist sie nirgends in klarer Form gestellt und richtig beantwortet worden. Es liegt nahe anzunehmen, dass die Lamellen intercalar wachsen und dass ebenso die Hutwand intercalar wächst, dass durch dieses intercalare Wachsthum die Vergrösserung herbeigeführt wird. So stellt *de Bary*[2]) in seinem Buche die Sache dar. Die erste nothwendige Consequenz dieser Auffassung müsste aber sein, dass die Lamellen, durch die intercalare Vermehrung in der Hutwand, am Fusse (an der Insertionsstelle) breiter wären und sich nach der Schneide verjüngten, und dass sie immer breiter würden, eine immer mehr keilförmige Gestalt annähmen, je mehr sie sich in centripetaler Richtung ausdehnen. Da dies nicht der Fall ist (Fig. 4—6), die Lamellen vielmehr, so lang sie auch werden, an der Basis stets dieselbe Dicke behalten, welche sie im Ursprunge besassen, so ist es ganz unmöglich, dass eine solche einfache intercalare Vermehrung der Elemente überhaupt besteht. In der Wirklichkeit ist die Sache folgender Art.

Bald nach der Anlage der ersten Lamellen treten zwischen diesen neue Vegetationspunkte auf, es werden neue Lamellen von der Hutinnenseite zwischen die ersten eingeschaltet. Indem dies geschieht, wird der Umfang des Hutes hierdurch erweitert, die Folge dieser Erweiterung ist, wenn eine gleichzeitige Verdickung der Wand selbst ausgeschlossen ist, dass der Abstand zwischen Hut und Stiel sich vergrössert, dass Raum geschaffen wird, in welchen die Lamellen durch weiteres Spitzenwachsthum vordringen können. Durch successive Quer-

---

[1]) Man vergleiche hier das aus Fig. 5 durch Verrückung der Hutwand auf die Spitze der kürzeren Lamellen leicht zu construirende Bild, auf welches ich in der Anmerkung Seite 43 hingewiesen habe.

[2]) *de Bary*, Morphologie der Pilze, 1866.

schnitte eines jungen Hutes im geeigneten Entwicklungsstadium können wir uns mit voller Sicherheit von diesen Vorgängen und ihren natürlichen Consequenzen überzeugen. Wir treffen zwischen den ersten, den primären Lamellen (Fig. 4 und 5_4), die alle die gleiche Länge haben und bis zum Stiele reichen, kürzere secundär eingeschobene Neubildungen an, die weder bis zum Stiele (Fig. 4 und 5_5) gehen, noch bis in den Gipfel des Hutes reichen. Diese Neubildungen secundärer Lamellen finden nicht auf einmal sondern allmählich statt, und allmählich nimmt durch sie der Umfang des Hutes zu; sie gehen so lange fort, als das Marginalwachsthum am Hutrande fortdauert. Diese fort und fort eingeschobenen, am ganzen Hutumfange gleichmässig vertheilten secundären Lamellen sind in der Richtung von oben nach unten, vom Gipfel nach dem Rande des Hutes, um so kürzer, je später sie eingeschoben werden und enden dementsprechend auch im Querschnitt auf kürzeren Abschnitten des Radius der primären Lamellen (Fig. 4 und $5_{4\,u.\,5}$). Durch diese Neubildungen der secundären Lamellen wird das fortdauernde Wachsthum der Lamellen an der Spitze, ihre Verlängerung in radialer Richtung allein möglich, durch sie allein erreicht der Hut den Umfang und die Lamellen die Ausdehnung, welche sie bis zur späteren Streckung besitzen (trotzdem die primären Lamellen immer mit ihrer Spitze dem Stiele so nahe bleiben, dass es scheint, als ob sie nicht durch Spitzenwachsthum wüchsen), durch sie endlich wird es allein ermöglicht, dass die Lamellen, so lang sie in radialer Richtung werden, an ihrer Basis (an der Hutwand) immerfort dieselbe Breite behalten.

Von entschiedener Wichtigkeit ist nun die Frage, ob die secundären Lamellen in der Randzone angelegt werden oder nicht. Würden sie thatsächlich in ihrem ersten Ursprunge in der Randzone des Hutes angelegt, so müssten alle Lamellen vom Punkte ihrer Anlage im Hute an in centripetaler Richtung die gleiche Länge haben, sie müssten alle bis zum Stiele reichen. Dies trifft z. B. für Amanita zu, wie wir später sehen werden, aber nicht hier. Es ist darum nicht möglich, dass ihre erste Anlage in der Randzone erfolgt, sie müssen intercalar in den oberen Theilen des Hutes zuerst auftreten und sich von da nach unten ausdehnen. Mit der Zunahme des Hutumfanges, mit der Zunahme des inneren Raumes der hierdurch geschaffen wird, gehen sie dann nach unten in die Randzone aus, und sobald sie diese erreicht haben, reichen sie in radialer Richtung bis zum Stiel und haben von nun an die Ausdehnung der in der Randzone

fortgebildeten primären Lamellen. Es folgt hieraus, dass alle secundären Lamellen allmählich nach unten, nach dem Hutrande in die Ausdehnung der primären übergehen, und dass im äussersten Rande nur Lamellen fortgebildet werden, die alle an Ausdehnung einander gleich sind. Der Unterschied primärer und secundärer Lamellen besteht demnach vorzugsweise in der verschiedenen Ausdehnung der Lamellen vom Gipfel des Hutes bis nach seinem Rande, die primären reichen bis in den Gipfel, und gehen ihrer ganzen Länge nach bis zum Stiel, die secundären sind kürzer als die primären, sie endigen in verschiedener Höhe auf der Hutwand, sie reichen nach unten bis zum Stiel, verkürzen sich aber nach oben in radialer Richtung immer mehr, bis sie sich zwischen den primären Lamellen in der Hutwand verlieren (Fig. 4 und 5_5), in deren Fläche verlaufen. Diese Thatsache sieht man am besten und am klarsten an einem im Aufspannen begriffenen Hute, an ihm kann man mit Sicherheit die primären Lamellen bis in den Gipfel verfolgen, das allmähliche Kürzerwerden der secundären von unten nach oben beobachten bis zu den Verschwindungspunkten, die in den verschiedenen Höhen des Hutes liegen. — Die Gesammtzahl der Lamellen des Hutes ist für die einzelnen Fruchtkörper ihrer Grösse nach sehr verschieden. Bei sehr grossen Fruchtkörpern, deren Hut nach der Streckung einen Zoll lang war, fand ich bis 300 Lamellen, ihre Zahl sank an kleinen bis auf 30—50 herab. Bei kleinen Fruchtkörpern bildet die Hälfte dieser Zahlen die primären Lamellen, die secundären alterniren mit diesen, bei grossen hingegen sind höchstens $1/3$ primäre Lamellen, $2/3$ werden nachher als secundäre eingeschoben.

Das Spitzenwachsthum der Lamellen wird durch die interessante Thatsache gestützt, dass sich die Lamellen mitunter dichotom verzweigen, dass aus einem Vegetationspunkte zwei Arme hervorgehen. Ob eine intercalare Anlage der Elemente der Pallisadenzonen neben dem Spitzenwachsthum besteht, wie *de Bary* es ausschliesslich annimmt, dafür habe ich durch Beobachtung keine sicheren Anhaltspunkte finden können. Die feste Verbindung der Elemente der Pallisadenzone gleich unter der Vegetationsspitze spricht nicht gerade sehr zu Gunsten weiterer Einschiebungen, diese dürften, wenn sie neben dem Spitzenwachsthum stattfinden sollten, wohl nicht sehr bedeutend sein.

Von ganz besonderem Interesse ist dagegen die sicher beobachtete Thatsache, dass sämmtliche Lamellen eines Hutes, so lange der Hut im Längen-

wachsthum begriffen ist, so lange also die Lamellen nach unten in die Länge und nach dem Centrum in die Breite wachsen, an allen Stellen, die doch ihrer Entstehung nach von verschiedenem Alter sind, auf derselben Höhe der Entwicklung verbleiben d. h. dass sie sich gar nicht differenziren, so lange das Längenwachsthum fortdauert (Fig. 4—6). Ohne Frage werden wohl, vom rein physiologischen Gesichtspunkte aus erwogen, alle zufliessenden Nährstoffe für die Neubildung, für die Neuanlage der Elemente verbraucht, um erst, wenn sie aufhört, eine andere Verwendung für die Differenzirung und Ausbildung der erfolgten Anlagen zu finden. Dass dies hier geschieht, ist aber auch nach rein biologischen Momenten nothwendig, es steht mit dem weiteren Gange der Entwicklung des Pilzes im engsten Zusammenhange, wie wir bald sehen werden. —

Die Lamellen bestehen in diesem Zustande aus beiderseitig an der Oberfläche regelmässig angeordneten länglich keulenförmigen pallisadenähnlichen Hyphenenden, welche zu den mittleren radial verlaufenden Hyphen senkrecht stehen, von denen sie als Zweigenden ursprünglich an der Spitze entspringen und dann durch weiteres Spitzenwachsthum zur Seite geschoben sind. Die Pallisadenzonen (Fig. 6_5) und mittleren Hyphen, welche man Trama (Fig. 6_4) genannt hat, sind die sofort mit der Neubildung eintretenden Differenzirungen der Lamellen. Beide sind genetisch gleichen Ursprungs: die Pallisaden sind die Enden der Trama der Lamellen, die Lamellen selbst bestehen aus Bündeln gleicher Hyphen, welche von der Fläche des Hutes entspringen, der Hut ist nun, wie wir wissen, aus einem Hyphenelemente gleicher Art und gleichen Ursprunges aufgebaut, an der Spitze der Stielanlage entstanden, welche ihrerseits wiederum als erstes Differenzirungsproduct aus den an einem Mycelfaden vegetativ in gleicher Art und gleicher Form entspringenden Hyphensprossen hervorging.

Wir haben mit dem Stillstande der Neubildungen im Hute den Abschluss des ersten Abschnittes der Entwicklung des Pilzes erreicht und müssen, ehe wir uns der speciellen Betrachtung des zweiten, der Ausbildung und Streckung der angelegten Elemente, zuwenden, zunächst vorher die Schicksale der Volva verfolgen, des dritten Elementes der ersten fundamentalen Differenzirung.

Die Volva entstand dadurch, dass nur der innere und untere Theil der ersten für den Aufbau des Fruchtkörpers am Mycelium entspringenden Hyphen

zum Stiel und zur Hutanlage verwendet wurde (Taf. II, Fig. 1—4); die peripherischen Hyphen resp. Hyphenenden bildeten eine Hülle um Stiel und Hut: die Volva (Fig. 1—4_3). — Schon mit dem ersten Ursprunge der Volva, mit der ersten Differenzirung der Stiel- und Hutanlage sind die Hyphen auf dem Gipfel der Hutanlage zahlreicher und dichter, als weiter nach unten, wo sie allmählich lockerer und ärmer werden. Die Volva setzt nun mit der Entwicklung des Hutes gleichzeitig ihr Wachsthum fort. Eine scharfe Grenze zwischen Hut und Volva, eine sie trennende Huthaut, wird vorerst nicht ausgebildet, und darum ist es ganz natürlich, da Hut und Volva gleichen Ursprunges sind, dass beide in einander übergehen, dass die Hyphen der Volva von der Oberfläche des Hutes entspringen (Taf. II, Fig. 1—4 und Taf. IV, Fig. 2 und 3). Es sind dies, wie ich schon andeutete, Verhältnisse, die im fertigen Zustande besehen, missverstanden werden können und von *de Bary*[1]) in soweit missverstanden sind, als er dem Coprinus eine echte Volva nicht zuerkennt, wie sie Amanita besitzt, deren Volva ihrem Ursprunge nach völlig mit Coprinus übereinstimmt, worauf ich demnächst bei Amanita zurückkommen werde.

Das Wachsthum der Volva beginnt schon ausserordentlich früh an zwei Stellen und an beiden in ganz verschiedener Art. Die Fäden hören an den Enden auf in die Länge zu wachsen und schwellen hier zu grossen Blasen (Taf. II, Fig. 2—4*b* und Taf. IV, Fig. 2 und 3_3) an, und gleichzeitig entstehen weiter nach Innen neue Auszweigungen der Volvafäden, die zuerst in die Länge wachsen, um dann ebenso anzuschwellen wie die früheren. Die Anschwellungen sind eigenthümlicher Art. Von oben nach unten fortschreitend, also in centripetaler Richtung, bekommen die Fäden rosenkranzförmige Auftreibungen. Diese entstehen so nahe nebeneinander in einzelnen von Scheidewänden[2]) begrenzten Abschnitten, dass sie sich mit zunehmender Wölbung wie Kugeln berühren und an den Scheidewänden von einander lösen. Die an den Enden zu Kugeln zerfallenden Fäden werden von unten fortwährend durch neue Sprosse ersetzt. Die neuen zerfallen abermals an den Enden zu Kugeln, um wiederum von unten Ersatz zu finden, und so geht die Sache fort. Die äussersten Partien der Volva bestehen demnach aus losen kugeligen Zellen, die inhaltsleer sind d. h. nur

---

[1]) *de Bary*, l. c. der Morphologie der Pilze.

[2]) Mitunter treten die Scheidewände zwischen den kugeligen Anschwellungen der Volvafäden erst später auf; durch sie wird dann das Zerfallen der Fäden zu Kugeln ermöglicht.

wässerige Flüssigkeit enthalten und aussen kleine zierliche Membranvorsprünge besitzen.[1]) Der äussersten aus freien Kugeln bestehenden Hülle folgen nach innen noch lose verbundene kugelige Zellen, hieran schliessen sich Fäden mit rosenkranzförmigen Auftreibungen, welche kleiner werdend ganz nach innen in normale Hyphen, die sich in die Oberfläche des Hutes fortsetzen, übergehen (Taf. II, Fig. 2—3_6 und 10_9, Taf. IV, Fig. 2 und 3_3 und Taf. VIII, Fig. 7—11).

Von diesen Vorgängen der steten Neubildung[2]) von innen, und der Zerklüftung von aussen nach innen fortschreitend kann man sich praktisch leicht überzeugen. Man braucht nur die zerfallenen Hyphenenden abzuwischen, um dann zu sehen wie sie wiederkommen, also neugebildet werden. Die Fortdauer des Vorganges hat die massenhafte Anhäufung der Volva namentlich am Gipfel zur Folge, wo sie dann in einzelne thurmartige Häufchen zerfällt (Taf. II, Fig. 8 und 9 und sämmtliche Figuren der Tafel III). Das Zerfallen der Hyphenenden der Volva beginnt schon mit der ersten Anlage des Hutes und zwar an der Spitze (am Gipfel) zuerst, von da aus basifugal weiter fortschreitend. Dieser Vorgang geht aber nicht über die Grenzen des Hutes (Taf. II, Fig. 2, 3, 4 und 10) hinaus, er greift nicht in die Volvahyphen des Stieles über. Diese wachsen fort ohne zu zerfallen, sie wachsen von unten nach oben über den Hutrand und zwischen die Kugeln der Hutvolva (Taf. II, Fig. 4_3 und 10_{10}) hinein; dafür aber, dass sie an den Enden nicht zerfallen, ist auch ihre Neubildung von innen eine nur schwache, die Masse der Hyphen eine losere und lockerere.

Die Differenzirung und Streckung der angelegten Hutelemente ohne weitere Neubildungen, als die der Basidien und Sporen, bildet den zweiten Abschnitt der Entwicklung des Fruchtkörpers.

In dem Zustande, in welchem der Fruchtkörper das Ende der Neubildungen im Hute erreicht hat, und nun die Differenzirung und Streckung der vorhandenen Elemente anhebt, hat er nur erst einen Bruchtheil der Dimensionen gewonnen, zu welchen er nach Beendigung dieser Vorgänge gelangt. Sie sind

---

[1]) Ich habe mit diesen kugeligen Blasen der Volva alle möglichen Keimungsversuche in Nährlösungen angestellt, aber sie keimten in keinem Falle aus. An und für sich wäre es ja nicht undenkbar, dass diese Volvaelemente gemmenartige Bildungen seien, die oben am Fruchtkörper vor sich gehen.

[2]) Diese Neubildungen sind nichts wie Seitenaussprossungen der vorhandenen Volvafäden, sie treten an den tieferen Stellen auf, während immer die oberen Theile zerfallen.

noch so bescheiden und klein, dass man nicht einmal im Stande ist, äussere Merkzeichen, feine Tuschestriche, in gleichen Abständen anzubringen, um an ihrer Verrückung das Längenwachsthum und die Art, wie es stattfindet, zu erweisen. Directe Beobachtungen lassen indess keinen Zweifel darüber bestehen, dass der Hut am unteren Rande durch Spitzenwachsthum sich verlängert, in dem Grade, wie er nach innen, durch Spitzenwachsthum der Lamellen, in die Dicke wächst. Mit dem ersten Beginn der Differenzirung durch Streckung steht sowohl das Spitzenwachsthum der Lamellen wie das Längenwachsthum des Hutrandes still. Beide Vorgänge folgen einander, in ihrem Uebergange ist darum ein Hauptwendepunkt in der Entwicklung gegeben.

Es mag etwa 4—5 Tage dauern, bis die Neubildungen beendigt sind, und die gleiche Zeit nimmt die Differenzirung der Lamellen, die Bildung des Hymeniums und der Sporen, in Anspruch. An allen Stellen, an den zuerst gebildeten und an den eben erst durch Spitzenwachsthum neu entstandenen Theilen, steht der Hut auf dem gleichen Punkt der Entwicklung. Die Wand des Hutes besteht aus dicht und luftfrei verbundenen Hyphen, die nicht viel dicker sind als gewöhnliche Hyphen, sie hat eine Mächtigkeit von über 12—15 Hyphenlagen (Taf. IV, Fig. 6_2), nimmt aber nach dem unteren Rande hin allmählich ab. Auf dem Längsschnitte sieht man die Hyphennatur der Elemente deutlich, auf dem Querschnitte sieht die Wand aus, wie ein jugendliches Gewebe aus kleinen zarten, eng verbundenen polyedrischen Zellen. Nach dem Gipfel zu wird die Wand stärker, nach unten ist sie dünner, ihre unteren Enden laufen am Rande in lose Hyphen aus, die sich mit der Volva vereinigen, eigentlich ganz zur Volva werden, weil eine Differenzirung von Hutsubstanz in ihnen nicht mehr erfolgt. Im Gipfel selbst ist der Verlauf der Hyphen ein weniger regelmässiger. Die Hyphen kreuzen sich wie in einem Wirbel (Taf. IV, Fig. 3), ehe sie in das Gewebe des Stieles übergehen. Der Stiel ist noch so kurz, dass man ihn bei genügender Beleuchtung im Gegensatz zum Hute kaum sehen kann (Taf. II, Fig. 8 und Taf. III, Fig. $4_{2,,}$).[1])

---

[1]) Auch in diesen Figuren hat der Stiel noch eine grössere Länge, als er dann haben würde, wenn in den langen Tagen des Sommers das Licht länger und intensiver eingewirkt hätte; die Bilder sind nach Präparaten gezeichnet, welche in den noch kurzen Tagen vom März auf April gewonnen wurden.

Die Differenzirung des Hutes erfasst nun alle Theile zugleich. Die Hyphen der Hutwand vergrössern sich durch Streckung in ihren Zellen nach allen Richtungen. Die Zellen werden im Lumen grösser und nehmen an Länge zu. Die Wand des Hutes wird dicker und länger, also der ganze Hut umfangreicher und länger. Wenn man jetzt Tuschestriche in gleichen Abständen anbringt, so kann man deutlich erkennen, dass sie oben und unten den gleichen Abstand beibehalten, so sehr die Zwischenräume zwischen den einzelnen Strichen auch zunehmen mögen. Ich mache hierauf ganz besonders aufmerksam, weil man, wenn man das Wachsthum durch Messung bestimmen will, in der gebräuchlichen Manier durch Strichtheilung nur zu dem Resultate kommen kann, dass der Hut an allen Stellen gleich wächst. Wollte man aber hieraus den Schluss ziehen, dass der Hut nicht durch Spitzenwachsthum wächst, so würde dieser Schluss falsch sein, denn diese Art der Messungen kommen nur für die Streckung zur Geltung, das Spitzenwachsthum liegt vorher und kann nach dieser Methode nicht gemessen werden.

Mit der Streckung der Elemente der Hutwand müssen die Lamellen, die von ihr entspringen gleichen Schritt halten. Sie wachsen aber nicht bloss durch Streckung wie die Hutwand, ihre Elemente bilden sich zum Hymenium aus, sie erfahren neben der Streckung Neubildungen, es kommen die Basidien mit den Sporen auf ihnen zur Ausbildung. Die Neubildungen beschränken sich allein auf die beiderseitigen Pallisadenzonen, die Streckung geht in der Trama und in den Pallisaden zugleich vor sich.

Die Pallisaden haben nach ihrer Anlage, wie wir wissen, sämmtlich keulenförmige Gestalt und sind durch Anschwellung dicker, wie die Hyphen der Trama, von denen sie entspringen (Taf. IV, Fig. $6_{4\,u.\,5}$). Ihre seitliche Verbindung ist eine völlig lückenlose, hiervon kann man sich überzeugen, wenn man eine Lamelle von der Fläche besieht. Die erste Differenzirung macht sich darin bemerkbar, dass ein Theil dieser Pallisaden in die Länge wächst und hierdurch über die Fläche hervortritt, während die übrigen auf dem früheren Niveau bleiben, nur an Dicke durch Ausdehnung zunehmen (Fig. 7 und $8_{2\,u.\,3}$). Weil dies letztere die auswachsenden Pallisaden nicht oder nur höchst unbedeutend thun, so müssen die nicht auswachsenden, der allgemeinen Streckung nachzukommen, sich um so stärker seitlich ausdehnen, wenn, wie es geschieht, die engste seitliche Verbindung bestehen bleiben soll. Diese doppelte Verschieden-

heit im Verhalten lässt den Unterschied in diesen Elementen früh hervortreten. Die hervorwachsenden Pallisaden schwellen gleich mit ihrem Heraustreten aus der vorher ebenen Pallisadenfläche der Lamellen an den auswachsenden Spitzen kugelförmig (Fig. 7 u. $8_{3\,u.\,4}$) an. Bei den meisten ist diese Anschwellung die gleiche, nur wenige von ihnen machen eine Ausnahme. Sie wachsen viel stärker[1]) als die übrigen, und die Anschwellung hat in der gleichen Zeit die doppelten Dimensionen gewonnen und keine ganz runde, sondern eine der Ballongestalt sich zuneigende Form angenommen (Fig. 7 und 8_4). Sobald die Anschwellungen in den Pallisadenzellen im Profil genügend hervortreten, um die einzelnen Elemente von einander zu unterscheiden, gelingt es auch in der Flächenansicht ihre Anordnung zu einander zu erkennen. Diese zeigt, dass die Pallisadenzellen alternirend eine um die andere ausgewachsen sind (Fig. $10_{1\,u.\,2}$); nur hie und da stossen die kurzen weitlumigen Pallisaden in den Ecken zusammen (Fig. 10_3), sonst sind alle Ecken von den englumigen hervorwachsenden Zellen eingenommen. Die Anordnung ist eine vollkommen regelmässige und auf allen Lamellen die gleiche; nur in der erwähnten stark bevorzugten Entwicklung einzelner dieser auswachsenden Pallisaden herrscht unter diesen in Zahl und Stellung auf den Lamellen keine Gesetzmässigkeit, sie sind hie und da und ohne Regel über die Lamellen vertheilt. Die nicht auswachsenden Pallisaden (Fig. 7 und 8_2), die sich bloss seitlich dehnen, bleiben steril, man hat sie wohl Paraphysen genannt, die auswachsenden werden zu Basidien (Fig. 7 und 8_3), nur die wenigen unter ihnen, die sich durch starkes Wachsthum auszeichnen, bleiben ebenfalls steril und bilden sich zu Cystiden[2]) aus (Fig. 7 und 8_4). Alle sind gleichmässig mit dichtem körnigen Plasma gefüllt ohne Vacuolen.

---

[1]) Eben diese wenigen, stärker auswachsenden Zellen der Hymenialfläche sah ich mitunter schon zu einer Zeit über diese hervortreten, wo die Lamellen noch an den Spitzen in fortdauernder Neubildung begriffen waren.

[2]) Als Ausnahmefälle habe ich Cystiden Sterigmen mit Sporenanlagen tragen sehen; ob die Sporen zur Reife kommen, weiss ich nicht, denn reife Sporen habe ich an ihnen nicht getroffen, und die halbreifen gelangten an den Schnitten, wo ich sie sah, natürlich nicht zu weiterer Entwicklung. Ich sehe aber keinen Grund, weshalb sie nicht auch reif werden sollten. Die Thatsache selbst, dass die Cystiden unter Umständen zu fertilen Basidien werden, spricht dafür, dass die Cystiden ursprünglich Basidien gewesen sind, welche sich durch weitere Differenzirung zu Cystiden ausgebildet haben. Ihre Stellung, die den Basidien entspricht, denn sie alterniren wie diese mit den Paraphysen, unterstützt diese Auffassung.

In den nächsten Stadien der Entwicklung haben die Basidien durch Spitzenwachsthum die Kugelgestalt des freies Theiles verloren und die Form eines Kegels (Fig. 9_3) angenommen, sie treten um so viel weiter über die Hymenialfläche hervor. Die Cystiden sind schon 5—6 Mal grösser als die Basidien, sie wachsen ebenfalls an der Spitze länger aus, die sterilen Pallisaden (Paraphysen) haben sich nur seitlich ausgedehnt und Tonnenform angenommen (Fig. 9_2). In allen Elementen der Pallisadenzone werden nun Vacuolen im Inhalte sichtbar. Sie sind am grössten in den Cystiden, nehmen auch in den Paraphysen den grössern Raum ein, das körnige Plasma bildet einen dicken Wandbeleg, in den Basidien ist nur eine kleine Vacuole sichtbar. Indem der zuletzt angewachsene, kugelförmig verjüngte, obere Abschnitt der Basidie am Gipfel zu den Dimensionen des unteren Theiles anschwillt, hat die Basidie ihre definitive Gestalt erhalten. Sie ist in dem freien Theile entweder vollkommen cylindrisch, oder in der Mitte macht sich eine zierliche feine Verengerung als Taille bemerkbar (Fig. 11 und 12_3). Innerhalb der Pallisade hat die Basidie ihre ursprüngliche Gestalt beibehalten, der hier eingeschlossene untere Theil, der den Fäden der Trama aufsitzt, hat nur wenig mehr als die Dicke eines Fadens, und wird um so dünner, je mehr er der Scheidewand sich nähert (Fig. 9—12_3). Inzwischen haben sich die sterilen Pallisaden um das 2—3 fache seitlich gedehnt, und nun ist der Unterschied in dem unteren Theile der Basidien und in den Paraphysen in Beziehung auf Dimension (Fig. 9 und $11_{2\,u.\,3}$) so gross, dass man versucht sein kann zu glauben, die Pallisaden bildeten ein besonderes Element, und die Basidien seien erst später durch sie hindurch gewachsen. Wiederum ist *de Bary* diesem Glauben zum Opfer gefallen. Er sagt in seiner Morphologie der Pilze Seite 112. »Bei Coprinus (Fig. 43) sind die Paraphysen kurze unregelmässig prismatische, wasserhelle Zellen, welche wie Pflastersteine den grössten Theil der Hymenialfläche bedecken, und zwischen welchen sich, in ziemlich weiten Abständen von einander, die Basidien nach aussen drängen.« *De Bary* hat diese seine Auffassung offenbar aus der alleinigen Beobachtung älterer Zustände hergeleitet, die für sie nicht beweisend sein können. Auf junge Stadien ist er nicht zurückgegangen. Diese lehren nun aber auf den ersten Blick, dass sich die Basidien nicht zwischen den Paraphysen nach aussen drängen, dass sie vielmehr zur selben Zeit mit ihnen draussen sind, weil beide gleichzeitig als Pallisadenzone angelegt werden. Auch bleibt es mir unerfindlich, durch welche

Oeffnung sie sich drängen sollten, da nicht einmal ein Intercellularraum zwischen den Pallisaden vorhanden ist. In seinem Bilde (Morphologie der Pilze, Fig. 43*b*) hat *de Bary* einen Intercellularraum gezeichnet, dieser kann aber im wirklichen Objecte natürlich nicht wohl vorhanden gewesen sein, und wenn er da war, so ist eine Basidie an dieser Stelle ausgefallen, was nach ihrer unten verjüngten Form mitunter geschieht. Ich verweise in dieser Beziehung auf meine Abbildung (Fig. 10 und 14_3), wo bei *a* eine sterile Stelle ist, aber ohne Intercellularraum; die inhaltreichen höheren Basidien heben sich in der Fläche als runde dunkle Punkte auf den Pallisaden ab.

Nach der Formausbildung der Basidien treten gleichzeitig auf dem Scheitel einer jeden, möglichst von einander entfernt, also nach der Peripherie gestellt, die Sterigmen (Fig. 11_5) auf, vier neue Vegetationspunkte, welche äusserst bescheidene Dimensionen haben. Sie wachsen zu geringer Höhe heran und werden mit zunehmender Länge zu feinen nadelförmigen Spitzen. Plötzlich schwillt die Spitze eines jeden zur kleinen Kugel an. Diese wird grösser und grösser und dehnt sich endlich zur Eiform aus. Dies ist die Gestalt der zukünftigen Spore. Zu ihrer vollen Ausbildung erschöpft die Basidie ihren körnigen Inhalt, der in die Spore übertritt. Ist dies geschehen, so trennt eine, wegen der Feinheit des Sterigmas nicht sichtbare, Scheidewand die Spore von diesem ab. Die Lage dieser Scheidewand muss unmittelbar auf der Grenze von beiden sein, denn sonst müsste bei der späteren Abtrennung die Spore ein Spitzchen haben, oder das Sterigma müsste kürzer geworden sein, was beides nicht der Fall ist.

Hat nach früherer Darlegung die Differenzirung des Hutes gleichzeitig an allen Stellen begonnen, so können wir, diese Angabe bestätigend und erweiternd, uns durch successive Querschnitte eines Hutes davon überzeugen, dass auch die weiteren Stadien der Entwicklung an allen Stellen gleichzeitig eingehalten werden. Die Ausbildung der Basidien erfolgt gleichzeitig im ganzen Hute in allen Lamellen, die Sporen werden gleichzeitig auf dem Sterigma angelegt, und am Ende etwa des 3ten Tages vom Beginn der Differenzirung der Lamelle an trägt die Basidie Sporen, die der Form nach ausgebildet sind.

Inzwischen ist die Streckung in allen Theilen des Hutes beträchtlich fortgeschritten. Wir haben vielleicht in der Grössenzunahme der sterilen Pallisaden das beste Maass für die Grösse der Streckung. Der ganze Hut hat wenigstens

um das 5—9fache an Länge und das mehrfache an Breite zugenommen. Die Wand des Hutes hat durch die Streckung der Elemente in die Länge und Breite die frühere Hyphenstructur verloren. Die Zellen sind gross geworden wie parenchymatische Gewebszellen, dabei in engster Verbindung geblieben. Der Hut besteht an den meisten Stellen aus einem falschen Gewebe von mehr oder minder grossen Zellen; nur nach dem Gipfel, wo die Elemente am reichsten vorhanden, die Streckung hingegen am unbedeutendsten ist, bleibt noch das Hyphengeflecht hie und da erhalten. Mit der Streckung sind die Zellen inhaltsarm geworden, da der Inhalt für die Streckung verbraucht wurde; das ganze Gewebe ist heller und durchsichtiger.

Vorzugsweise an der Oberfläche des Hutes gehen in den Gewebszellen Veränderungen eigenthümlicher Art vor sich. Hier verdicken die Zellen ihre Membranen, die etwas dunkler werden. Es sind 2—3 Zelllagen, die sich verdicken; auf dem Querschnitt (Fig. 15_2) sieht man dies deutlich. Erst mit dieser Verdickung der Zellen der Oberfläche zur Huthaut ist die Volva ausser Betrieb gesetzt, ausser Verbindung mit den Oberflächenzellen des Hutes (bei Amanita und anderen Coprinusarten geschieht die Ausbildung der Huthaut viel früher). Auch ihre basalen Partien zerfallen schliesslich zu Kugeln (Fig. 15_1). Die Masse der Volva ist noch mit der Streckung gewachsen, aber durch die grössere Flächenausdehnung des Hutes, durch die Streckung selbst sind ihre Massen mehr und mehr zerklüftet. Ihre Häufchen verlieren mit dem basipetal fortschreitenden Zerfallen der Hyphen zu Kugeln die Stütze und zerfallen mehr und mehr zu einem weisslichen Mehl, welches die leiseste Berührung abstreift, ein kräftiger Hauch bis auf die Huthaut verweht.

Nun erfolgt in der Lamelle in Einem Tage die Ausbildung der in voller Grösse angelegten Sporen zur Reife. Ihre Membran wird gelb und schliesslich dunkelbraun (Fig. 12_5). Damit sind die Basidien leer, die Pallisaden haben die Gestalt von Pflastersteinen, die Cystiden sind zu grossen Schläuchen geworden, die gegen die benachbarte Lamelle wachsen und sich oft in diese hineindrücken (Fig. $12_{2, 3 u. 4}$). Man möchte fast glauben, als ob sie dazu dienten, die Lamellen in gemessener Entfernung von einander zu halten, damit sie mit der Streckung, während welcher die Sporenbildung vor sich geht, sich nicht stören und gegenseitig bedrücken. Auch die Enden der Lamellen, welche bis zum Stiele vorgedrungen sind, schliessen mit Cystiden ab, welche zweireihig

(Fig. 12_{41}) von oben nach unten an der Spitze der Lamellen angeordnet sind. Sie sind kleiner wie gewöhnliche Cystiden der Seitenfläche, ein Mittelding zwischen diesen und den Pallisaden; sie machen es besonders klar, wie die Lamellen gegen den Stiel frei enden, wie mit dem Aufhören ihres Spitzenwachsthums die letzten Enden zu falschen Cystiden wurden, die nicht mehr rechtwinklig stehen, sondern schräg in natürlicher Stellung geblieben sind, wie sie entstanden.

Mit diesen Cystiden schliesst also die beiderseitige Pallisadenzone der Lamellen ab. Die mittleren axilen Fäden der Lamellenspitze bilden sich nicht mehr zu hymenialen Elementen aus, sie schwellen kugelig (Fig. 12_6) an, füllen den Raum zwischen den Grenzcystiden aus und bleiben steril. Die Grenzcystiden benachbarter Lamellen wachsen der Regel nach mit ihren Spitzen, welche in Folge ihrer seitlichen Richtung früh auf einandertreffen, fest zusammen, eine Verbindung, welche erst mit dem Aufspannen des Hutes wieder gelöst wird, wobei die Lamellen durch Zerrung an der Schneidenseite vorher aufreissen. Der Gedanke, dass die Cystiden seitliche Schutzpfosten sind, deren Gestalt sie nachahmen, könnte vielleicht noch darin eine Stütze finden, dass die kürzeren Lamellen an ihrer Spitze keine Cystiden ausbilden wie die grossen, die bis zum Stiel reichen. — Dass diese harmlosen Cystiden einst in dem Verdachte eines geschlechtlichen Verhältnisses zu den Lamellen gestanden haben, habe ich in der Einleitung angedeutet.

Das Dickenwachsthum des Hutes durch Streckung und seine gleichzeitige Längenzunahme hat mit Nothwendigkeit auch in der Trama der Lamellen Veränderungen herbeigeführt. Die Lamellen sind nunmehr[1]) mit wachsender Grösse des Umfangs auch breiter geworden, dies um so mehr, je näher sie dem Umfange stehen. Die Hyphen der Trama haben sich demgemäss seitlich und dem Längenwachsthum zu genügen in verticaler Richtung gedehnt. Die seitliche Streckung der Tramahyphen ist nach dem äusseren Umfange des Hutes zuerst am grössten. Hier geht die Hyphennatur allmählich verloren, es treten grosse Zellen durch Streckung auf; später schreitet dieser Process nach innen fort. Es

[1]) Vor dem Beginn der Streckung war dies nicht der Fall, die Lamellen waren gerade dadurch ausgezeichnet, dass sie an der Basis und an den Schneiden dieselbe Breite hatten. Ich hebe dies hier hervor, weil es offenbar nur von dem Stadium der Entwicklung abhängt, den Befund bald so bald anders zu treffen.

wird hierdurch der Unterschied zwischen den früheren Pallisaden und der Trama verwischt, die grossen sterilen Pallisaden und die gestreckten Zellen der Trama werden mehr und mehr einander ähnlich. Untersucht man die Lamellen in diesem Zustande der Streckung, so findet man Trama und Pallisaden nicht mehr wie früher, und man hat diese durch Streckung veränderte Trama nun subhymeniales Gewebe genannt, ein Ausdruck der, da man sich nicht auf die Entwicklungsgeschichte stützte, nur dazu dienen konnte, die Vorstellung über die Structur des Hutes und das Verständniss über die Natur seiner Elemente zu erschweren.

Die Ausbildung der Huthaut durch Verdickung der Membranen in den peripherischen Zelllagen des Hutes und die Reife der Sporen in den Lamellen sind die Vorgänge, welche die Differenzirung der Elemente des Hutes überhaupt abschliessen. Der Hut hat hierdurch sein früheres Aussehen verloren, die Volva ist in Trümmer zerfallen und weit auseinander getrieben, sogar theilweise abgefallen. Der Hut sieht nicht mehr weisslich aus wie vordem, sondern fahl und durchsichtig, und es sind besonders die gereiften braunen Sporen im Innern des Hutes, welche durchleuchtend einen dunklen Farbenton hervorbringen, der zum geringeren Theile auch auf die dunkelgelb gefärbte Huthaut zurückzuführen sein dürfte.

Der vollendeten Ausbildung des Hutes unmittelbar folgend hebt nun die letzte Katastrophe an: die Aufspannung des Hutes und seine Sporenentleerung. Erst zu diesem Schlussacte kommt der Stiel des Fruchtkörpers, bis dahin klein und oft kaum sichtbar, zu rapidester Entwicklung. Sie ist in Harmonie mit dem Gange der Differenzirung verzögert oder vielmehr hinausgeschoben, genau bis zu dem Punkte, wo der Hut in allen Theilen vollendet die volle Sporenreife erlangt hat. Inzwischen haben sich die Reihentheilungen oben im Stiele vollzogen und dauern noch fort, wenn in den unteren, den ersten dieser neugebildeten Zellen, die rapide Streckung Platz greift und von da nach oben fortschreitend in der kurzen Frist eines Tages den Hut zur Höhe von 4—7 Zoll (Taf. II, Fig. 8 und Taf. III, Fig. 1—4) emporhebt. Die Neubildungen der Stielzellen durch Reihentheilungen in den vorhandenen finden nur an der Spitze statt. Die Streckung beginnt sogleich mit dem Nachlassen weiterer Theilungen in den Zellen und schreitet von oben nach unten zunehmend fort. Noch innerhalb des Hutes erreichen die

Zellen die volle Länge, sie strecken sich an den Stellen, welche aus dem Hute gleichsam hervorgeschoben werden, nicht mehr. Alle ausserhalb des Hutes mit Tuschestrichen angebrachten Merkzeichen bleiben unverschoben in denselben Abständen von einander, in denen man sie aufgetragen hat. Die Zellen des Stieles, die anfangs nach der Theilung flach tafelförmig sind, erreichen eine ganz enorme Länge, bis die Streckung beendigt ist, sie wachsen bis zu einer Länge von 2—3 Mm. durch Streckung. Von dem Punkte, wo die Streckung aufhört, bis zur Theilungszone, gehen die Formen der Zellen von den langen cylindrischen Röhren schrittweise an Länge verlierend in die kurzen tafelförmigen ungestreckten Neubildungen (Taf. IV, Fig. 2 und 3_4) über. Man kann die wahre Länge nur durch Präparation messen, dadurch, dass man die einzelnen Zellen des gestreckten Stieles freipräparirt. Auf Längsschnitten sehen sie unverhältnissmässig kürzer aus, weil man in dem durchsichtigen Gewebe immer mehrere Lagen zugleich übersieht und die Scheidewände in diesen in eine Ebene überträgt, zumal wenn der Schnitt, wie es fast immer der Fall, nicht auf weiten Strecken in einer Ebene geblieben ist. Ich führe dies an, weil ich diesen Ansichten entsprechend in der Figur 9 Tafel V bei schwächerer Vergrösserung mehr Scheidewände angebracht, als sie in einer Ebene den Längen der Zellen nach vorkommen. — Mit der Längsstreckung der Zellen des Stieles ist noch eine beträchtliche Ausdehnung in tangentialer und radialer Richtung verbunden, welche den schon früh entstandenen Markraum des Stieles so beträchtlich erweitert, dass er schliesslich einer hohlen Röhre gleicht. Diese seitliche Dehnung nimmt späterhin mit der Länge des Stieles nach oben wieder ab, es wird der Stiel von unten nach oben dünner, meist ist er in den mittleren Regionen am umfangreichsten und merklich dicker als unten.[1]) — Das Wachsthum des Stieles ist so rapide, dass man es mit blossem Auge sehen kann, wenn man nur unter dem Hut einen Punkt anbringt und 10 Minuten seinen

---

[1]) Die zunehmende und wieder abnehmende Dicke eines Stieles von ein und demselben Fruchtkörper ist nicht allein auf wachsende und wieder sinkende Streckung resp. seitliche Dehnung der Stielzellen zurückzuführen, hängt vielmehr wesentlich mit von den Neubildungen ab, welche in der Peripherie des Stieles durch secundäre Aussprossungen fortdauern. Werden diese Neubildungen intensiver, so nimmt der Stiel an Umfang zu, er verjüngt sich wieder, wenn sie nachzulassen beginnen. Man kann sich durch Zählen der Zellen auf Querschnitten aus verschiedenen Höhen leicht davon überzeugen, dass die Zahl derselben mit der Dicke zu und mit der Verjüngung wieder abnimmt.

Abstand vom Hute fixirt. Bei warmem Wetter wächst der Stiel in der letzten Hälfte der Streckung bei sehr grossen Fruchtkörpern stündlich über einen halben Zoll.

Schon die erste Wirkung der Streckung, die erste Verlängerung des Stieles durch Streckung muss mit Nothwendigkeit seine Verbindung zum Hute ablösen, weil der Stiel im Gipfel wächst, also aus dem Hute hervorwächst. In welcher Art erfolgt nun aber diese Ablösung des Hutes vom Stiele? Wir werden sie am leichtesten verstehen können, wenn wir uns die vorher bestehende Verbindung beider vergegenwärtigen.

Die Lamellen des Hutes sind frei geblieben, sie schlossen an ihrer Schneidenseite gegen den Stiel mit Cystiden »mit Trennungszellen« (Taf. IV, Fig. $12_{4 u. 6}$) ab, und diese machten ihre Verbindung mit den reichen Hyphensprossungen der Stieloberfläche, welche eine natürliche Grenzscheide zwischen Stiel und Lamellen (Fig. 4 und 5_3) bildeten, unmöglich. Da hier keine Verbindung besteht, so trennen sich Lamellen und Stiel bei dem Eintritt der Streckung ohne alle Schwierigkeiten glatt und leicht von einander. Weiterhin verbanden die Hyphen der Volva oder umschlossen vielmehr als gemeinschaftliche Hülle Hut und Stiel (Taf. II, Fig. 2—4). Diese Verbindung beider durch die Volva würde gewaltsam in Folge der Streckung des Stieles gelöst werden, wenn sie nicht vorher schon friedlich vorbereitet wäre durch die Veränderungen, welche inzwischen die Volva des Hutes erfahren hat. Die Hyphen zerfielen wie wir sahen, soweit der Hut (Fig. $4_{3 u. 6}$) reichte, zu kugeligen Zellen. Dieser Process war beendet, bis zur Peripherie des Hutes vorgeschritten, als die Huthaut ihre Ausbildung erfahren hatte. Hierdurch ist die Trennung der Volva an dem unteren Rande des Hutes von der des Stieles, die ihre Hyphennatur beibehält, von selbst gegeben. Der Hut kann sich demnach mit der Streckung des Stieles mühelos und unverschleiert, ohne Annulus oder Manchette beim Abschiede dem Stiele zu belassen, von ihm ablösen. Sobald es geschehen, hängt der Hut wie eine Glocke, nur im Gipfel am Stiele angeheftet, lose auf seinem Träger (Taf. III, Fig. 1), bei der geringsten Erschütterung zitternd und wackelnd, dass man fürchten sollte, er falle zur Ebene hinab.

Die eben erwähnten oberflächlichen Hyphenaussprossungen im Gipfel des Stieles (an den vorher vom Hute bedeckten Stellen) werden, mit der Streckung der Zellen des Stieles auseinander gezogen, zu einem zarten haarartigen Anfluge. Von diesem dünnen Flaume behaucht kommt der Stiel bei seinem Längenwachs-

thum aus dem Hute zum Vorschein; an seinen basalen Partien waren schon vor der Streckung, den Standpunkt zu befestigen, die mächtigen Rhizoidenstränge angelegt, welche weit in das Substrat hineinwachsen (Taf. III, sämmtliche Figuren).

Die Streckung des Stieles ist begleitet von der allmählich fortschreitenden Aufspannung des Hutes. Die mechanischen Hülfsmittel, die hierfür nothwendig werden, sind so einfach als möglich in der Structur des Hutes gegeben. Was ist mehr erforderlich als eine Action durch fortdauernde Streckung auf der einen, und ein Widerstand, in etwa passiv durch Elasticität nachgebend, auf der anderen Seite? Der Widerstand der elastischen Gewebe muss nothwendig nach aussen liegen, wenn die Aufspannung von innen nach aussen eintreten soll, das active Element muss nach innen gelegen sein. Das erste ist die verdickte Huthaut (Taf. IV, Fig. 15_2), das letztere sind die sich weiter streckenden Lamellen (Fig. 12 und 13). Sobald die Huthaut durch Verdickung der Zellwände sich ausgebildet hat, ist die weitere active Streckung dieser Zellen unmöglich. Die Streckung hört in der Peripherie des Hutes auf, aber auch nur hier, in den Lamellen dauert sie erst recht fort. Die Lamellen, welche durch Streckung sich verlängern und die Huthaut, die mit dieser in seitlicher Verbindung nicht über ihre Elasticitätsgrenze hinaus länger werden kann und darum der Streckung an der Innenseite Widerstand leistet, sind die beiden antagonistischen Elemente, welche die Aufspannung bewirken. Sie erfolgt langsam, die Spannung in der Huthaut wächst zunehmend mit der Streckung der Lamellen. Die im Hut bestehende Gewebespannung trägt die Schuld, dass die Fruchtkörper so gebrechlich sind, dass sie bei der geringsten Verletzung weite Spalten bekommen und sogar auseinander brechen. (Mehr noch als bei diesen kleinen Coprinen ist dies bei grösseren Pilzen der Fall, ich komme darauf bei Amanita noch einmal zurück). Mit der Streckung auf der Innenseite und dem elastischen Widerstande auf der Aussenseite schreitet die Aufspannung, die seitliche Ausbreitung des Hutes fort, ganz so, wie wenn man einen Regenschirm aufspannt.

Was ist aber die weitere Folge dieser Aufspannung für die Huthaut? Sie wurde angelegt als der Hut wie ein ungespannter Schirm den Stiel umschloss. Findet nun bei der Länge des Hutes eine Aufspannung statt, so muss der Hut und folglich auch die Huthaut nach unten in seitlicher Richtung den mehrfachen Raum ausfüllen. Nach der Verdickung der Zellmembranen der

Huthaut kann dies nurmehr durch Spannung der Zellen, durch Dehnung geschehen. Eine seitliche Dehnung auf den weit mehr als doppelten Raumumfang ist aber eine Unmöglichkeit; somit kann die seitliche Verbindung, die Continuität der Huthaut mit der Aufspannung des Hutes nicht bestehen bleiben, sie muss aufhören, sobald die Elasticitätsgrenze überschritten ist, es müssen Längsrisse auftreten. Die Aufspannung beginnt von unten nach oben, die Längsrisse müssen darum unten zuerst kommen, dann von unten nach oben fortlaufen, wenn mit der Aufspannung die Raumausfüllung in der Peripherie zunimmt. Das Aufreissen der Huthaut, die Längsrisse im Hut erfolgen an ganz bestimmten Stellen, nämlich immer nur genau über der Mitte einer Lamelle. Es wird erst die Hutwand bis zur Lamelle gespalten, dann geht die Spaltung weiter in die Lamellen selbst. Sie werden in zwei Hälften gespalten, die Elemente der Trama reissen in der Mitte auseinander; die Pallisaden und die Basiden bleiben als Hymenium in fester Verbindung. Es mag erwähnt sein, dass sich die Zellen der Tramahyphen vor der Spaltung, so weit es nach ihrem Inhalt und ihrer Elasticität möglich war, seitlich gedehnt haben, sie sind fast ganz zu einem grossmaschigen Gewebe geworden, bevor die Spaltung sie trennt und in dem Maasse, als sie weiter fortschreitet. Das Gewebe der Hutwand unterhalb der Huthaut ist schon vorher collabirt und zusammengedrückt worden, es leistet bei der Spaltung keinen Widerstand.[1])

Die Stellung der Lamellen und des Hymeniums werden durch diese Vorgänge zweimal verändert. Anfangs waren die Lamellen ihrer Länge nach vertical von oben nach unten, die Schneiden nach innen gerichtet. Mit dem Aufspannen werden sie erst horizontal mit der Schneide nach unten gestellt, darauf zerreissen sie in der Mitte und mit dem Aufreissen werden die Hälften wiederum im rechten Winkel gewendet. Die Lamellen spalten sich in zwei Häute, in zwei hymeniale Flächen, welche, aus der verticalen in die horizontale Lage übergeführt, schliesslich die Zwischenflächen des Hutes überdecken; die Tramaseite ist zur Oberfläche des Schirmes, die hymeniale Seite zu seiner Innenbekleidung geworden.

---

[1]) Auf der Innenseite des Hutes sind die Schneiden der Lamellen durch Verwachsen der Grenzcystiden benachbarter Lamellen im Anfange zu einem Ganzen verbunden, diese Verwachsung löst sich beim Aufspannen des Hutes wieder ab, und es reissen hierbei gewöhnlich die Lamellen von der Schneide nach innen eine Strecke weit auf.

Nach der Längsspaltung der Huthaut bleibt diese nur in Form von strangförmigen Verbindungen (als antagonistisches Element zur Aufspannung des Hutes) bestehen, welche im Gipfel zusammenlaufen. Sie haben die Gestalt eines Sternes, dessen Arme vom Centrum ausstrahlen und nach dem Rande auslaufen. Die Zellen dieser Arme sind schon in der Anlage mit stärkerer Membranverdickung bedacht, während die Zwischenpartien für das spätere Zerreissen durch geringere Membranverdickung vorbereitet wurden.[1]) Wollte ich das Ganze durch ein triviales aber völlig zutreffendes Bild veranschaulichen, so könnte ich sagen, die Verbindungsleisten der Huthaut gleichen den Stangen eines Regenschirmes, die Lamellen gleichen der Seide, welche zwischen diesen eingefaltet liegt. Sobald die Aufspannung beginnt, reissen die Lamellen, gleichsam aus zwei gleichen Hälften zusammengelegt, auseinander und füllen, wie die eingefaltete Seide eines Schirmes zwischen den Stangen, die immer grösser werdenden Zwischenräume aus.

Nachdem die Huthaut gespalten, die Lamellen aufgerissen sind, bleiben nur zwei Elemente übrig, welche die letzten Acte der Aufspannung vollziehen: die antagonistischen Verbindungsstränge und die activen Pallisaden des Hymeniums; Hutwand und Trama sind verschwunden, den ersten Vorgängen des Aufspannens zum Opfer gefallen. Welches ist nun die Bedeutung dieser Pallisaden, dieser Paraphysen? Kann sie sich klarer entwickeln, als es hier geschieht? — Sie haben die Function mechanischer Zellen, welche durch ihre enorme Streckung die Aufspannung des Hutes bewirken. Können diese Elemente entbehrt werden? — Unmöglich, so lange die Art der Sporenentleerung bestehen bleibt. Kann ihre Anordnung im Hymenium (Taf. IV, Fig. 14) auch nur anders und besser gedacht werden, als sie sich vorfindet? — So weit meine mechanischen Kenntnisse reichen, nicht; sie mussten alternirend angelegt sein, um noch in einheitlicher Verbindung zu bestehen, bei welcher die Basidien durch die gewaltige Streckung der Pallisaden umschlossen, schliesslich in den Ecken der Zellen zu stehen kommen (Taf. IV, Fig. 7—14). Die ganze Differenzirung des Hutes, der Bau und die Structur der Lamellen sind ein Muster

---

[1]) Die Zellen der Huthaut sind nach dem Hutrande hin 2—3 mal so lang als breit; auf dem Gipfel des Hutes, dort wo die Längsspalten vom Aufspannen aufhören und die Continuität der Huthaut in Form einer undeutlichen Scheibe erhalten bleibt, werden die Zellen kürzer und zugleich ihre Membranen dicker.

vollkommener mechanischer Einrichtungen, die für den letzten Zweck, für die Sporenentleerung bestimmt sind.

Die Pallisaden, die ihrer Entwicklung nach nicht mehr als Paraphysen gelten können, wenn man diese Bezeichnung für die Ascomyceten beibehalten will, führen von allen Zellen des Hutes am längsten Inhalt, in ihnen dauert darum die Streckung, die ja nur eine besondere Art der Neubildung ist, ein intercalares Wachsthum der ganzen Zellhaut, um längsten fort. Sie erreichen eine ganz bedeutende Grösse und nehmen, da sie sich vorzugsweise seitlich dehnen, eine tafelförmige Gestalt an, bis sie endlich ihre Functionen erfüllt haben (Fig. 7—14).

Ich habe in der früheren Darlegung besonders betont, wie die Ausbildung der Lamellen, so verschieden sie der Zeit nach angelegt werden, gleichzeitig an allen Stellen des Hutes beginnt, wie sie 5 Tage bis zur Reife der Sporen in Anspruch nimmt, und wie sie an allen Stellen gleichzeitig abschliesst. Mit dieser gleichzeitigen Anlage, der gleichzeitigen Ausbildung, steht die gleichzeitige Entleerung, der einmalige Act des Sporenwerfens, im engsten Zusammenhange. Er beginnt an allen Lamellen zugleich, sobald der Hut horizontal gespannt ist und die aufgerissenen Lamellen als Zwischenbekleidung (als Seide des Schirmes) in horizontaler Lage den Hut bedecken, ihre Basidien frei nach unten gerichtet sind. Wenn sie anhebt, hört die Streckung des Stieles auf, der Hut ist zur höchsten Höhe, die der Stiel erreichen kann, emporgehoben. Die Sporen fallen von den Spitzen der Sterigmen, die an ihrer Spitze aufplatzen, wie ein dichter Regen, in dunklen Wölkchen sichtbar, zur Erde hinab.[2]) Es genügt eine Minute Zeit während dieses Actes, um auf einem untergelegten Glase den Abdruck des Hutes in Sporen zu bekommen.

---

[1]) Bei einigen Ascomyceten, z. B. Ascobolus ist die Differenzirung der ascentragenden Hyphen und der sterilen Paraphysen eine ausserordentlich frühe, beide bilden differente Hyphensysteme, deren verschiedener Ursprung auf die ersten Stadien des Fruchtkörpers zurückgeführt werden kann. Bei sehr vielen Ascomyceten ist diese frühe Differenzirung nicht zu beobachten, sie tritt z. B. bei Peziza Sclerotiorum und verwandten Formen (man vergleiche Sitzungsbericht der bot. Section der Naturf.-Versammlung in Hamburg, 1876, Brefeld über Peziza Sclerotiorum) erst sehr spät ein.

[2]) Die Sporen werden durch Aufplatzen der Sterigmen abgeschleudert. Es tritt nach dem Abwerfen der Sporen, welches bei allen 4 Sporen einer Basidie stets gleichzeitig erfolgt, aus den Sterigmen ein kleines Tröpfchen hervor, welches anzeigt, dass sie offen sind. Die Basidien sind vor dem Abwerfen der Sporen elastisch gespannt, ebendarum erfolgt ein plötzlicher Ruck, wenn

Die bereits entleerten Theile rollen sich am Rande nach aussen um; dadurch werden auch die basalen innersten Theile der Lamellen aufgespalten, horizontal gespannt und entleert. Die Lamellen haben gleichsam zuviel Seide für die horizontale Aufspannung, sie werden nicht gleich bis zum Ende (zur Spitze) gespalten, es geschieht erst mit dem Umrollen des Hutrandes (Taf. III, Fig. 2 *d*).[1]) Dies ist die letzte heroische Leistung der Pallisaden, dann welken sie und zergehen. Das Umrollen des Hutes geht, mit der Sporenentleerung Schritt haltend, langsam fort; endlich ist der Hut zu einem zierlichen Knäuelchen (Fig. 2 c_3) zusammengerollt und damit die Sporenentleerung beendet. Der ganze Act dauert 2—3 Stunden, dichte Sporenmassen bedecken den Boden rings um den Stiel. Die Reste des Hutes, das eingerollte Knäuelchen, aus den Huthauttrümmern und den Resten der Basidien und Pallisaden bestehend, zerfliesst durch schnelle Auflösung dieser Elemente zu einem kleinen Tröpfchen, welches meist von anhängenden Sporen dunkel gefärbt ist, darauf zerfliesst auch der Stiel von oben nach unten, und schon nach einem Tage ist er fast bis zum Fusse verjaucht; einige Tropfen Jauche bezeichnen die Stätte des früh dahingeflossenen Lebens.

Nach der hier in voller Ausführlichkeit erfolgten Darlegung bleibt vom morphologischen Gesichtspunkte aus in der Entwicklungsgeschichte des Coprinus kein dunkler Punkt der ferneren Aufklärung vorbehalten. Wir haben den Gang der Entwicklung von der ebengebildeten Spore, welche sofort keimfähig ist und diese Kraft weit über das Jahr[2]) hinaus bewahrt, Zug um Zug lücken-

---

die Sporen abgeworfen werden, die Sterigmen aufplatzen und die Basidien durch Contraction ihrer elastisch gespannten Membran nach Maassgabe dieser Spannung von ihrem Inhalt entleeren. Die abgeworfenen Sporen führen stets von dem ejaculirten Inhalte der Basidien mit sich. Sobald man sie in zweckmässiger Weise an einem reinen Deckglase auffängt und gleichzeitig den Process der Sporenentleerung unter dem Mikroskope continuirlich verfolgt, sieht man, wie sie mit dem Inhalte ankommen, wie dieser aber, weil er nicht bedeutend ist, schnell verdunstet, also entweder gar nicht oder nur kurze Zeit gesehen werden kann.

[1]) Sobald die Aufspannung eines Hutes durch irgend einen Umstand nicht an allen Stellen gleichmässig, sondern an der einen Seite schneller erfolgt als an der andern, treten sofort Längsrisse im Hute auf, die Aufspannung wird überhaupt unvollständig und die Sporenentleerung eine mangelhafte.

[2]) Einen sehr interessanten Fall von langer Keimfähigkeit von Pilzsporen habe ich vor einiger Zeit an dem Aspergillus flavus constatirt; die Sporen des Pilzes keimten nach 6 Jahren noch. Anfangs glaubte ich, die Keimkraft sei erloschen, weil innerhalb 8 Tagen keine Keimung zu beobachten war. Die Cultur blieb durch Zufall länger stehen, und in weiteren 8 Tagen keimte

los verfolgt. Der Bildung der Mycelien folgt am 8—10. Tage die Anlage der Fruchtkörper oder der Sclerotien, aus denen mittelbar die Fruchtkörper keimten. Sclerotien und Fruchtkörper, sind Producte vegetativer Sprossungen gleicher Art, aus denen sich Stiel, Hut und Volva, aus dem Hute Lamellen mit Hymenium differenziren. Von einer Sexualität, aus welcher der Fruchtkörper entstehen könnte, ist auch nicht die leiseste Andeutung, nicht an den Mycelien, nicht am Ursprunge der Fruchtkörper, noch an irgend einem Wendepunkt ihrer Entwicklung wahrzunehmen. Sämmtliche Elemente der Lamellen: Trama, Pallisaden, Cystiden und Basidien mit Sporen sind Differenzirungsproducte gleicher Hyphen. Fragen darüber, ob die Lamellen besondere Elemente sind im Gegensatze zum Hut und Stiel, ob die Basidien als fructificative Elemente des Hymeniums anderen Ursprungs sind als die sterilen Pallisaden, weitere Fragen, ob die Basidien etwa durch die Pallisaden wachsend von der Trama fort und fort neu angelegt werden, nachdem die früheren ihre Sporen abgeworfen haben, — alle diese und ähnliche Fragen sind auf Grund dieser Untersuchung müssige geworden, sie haben jede wissenschaftliche Berechtigung verloren.[1])

II. Experimentelle Versuche.

Wiewohl der geschlossene Gang der Entwicklungsgeschichte, klar und durchsichtig vom Anfange bis zum Schlusse, eine Einwendung zu Gunsten einer bestehenden Sexualität nicht zulässt, so hat doch die zeitherige Auffassung, wonach man in den Mycelien die Geschlechtsgeneration, in den Fruchtkörpern die

---

ein grosser Theil der Sporen aus, aus denen veritabeler Aspergillus flavus in vollendeter Reinheit hervorging. Ich glaube nach dieser Beobachtung annehmen zu dürfen, dass die Keimzeit mit zunehmendem Alter der Sporen wächst, dass aber die Keimfähigkeit der Sporen von ungleich längerer Dauer ist, als wir jetzt annehmen, weil wir eben diesen Umstand der verlängerten Keimzeit bei seitherigen Versuchen ausser Acht gelassen haben.

[1]) Mit der Untersuchung dieses Coprinus stercorarius habe ich mich 2 Jahre beschäftigt und fort und fort Culturen in allen Variationen von dem Pilze unterhalten. Ich habe bei diesen Culturen namentlich auch die Frage in's Auge gefasst, ob denn mit der Hutfrucht der Endpunkt der Entwicklung des Pilzes erreicht ist. Auf der ganzen Summe der Culturen indessen, von denen einige länger als ein Jahr gestanden haben, konnte ich niemals etwas anderes als Sclerotien und Hutfrüchte erreichen; ich habe hiernach die Ueberzeugung gewonnen, dass in den letzteren thatsächlich der Höhe- und jetzige Endpunkt der morphologischen Differenzirung des Pilzes erreicht ist.

geschlechtlich erzeugte Generation annehmen zu müssen vermeinte, in der Analogie mit anderen Pflanzenklassen, bei welchen die Fruchtkörper erwiesenermassen Producte der Sexualität sind, zu viel Wahrscheinlichkeit für sich, als dass es räthlich erscheinen könnte, die Sache ohne weitere Prüfungen als abgethan anzusehen. Diese Verhältnisse erwägend, sann ich darüber nach, ob und in wie weit es möglich sein könnte, in experimentellen Versuchen neue Thatsachen zu gewinnen, welche unabhängig von der Beobachtung der Entwicklungsgeschichte, geeignet sein würden, ihre Ergebnisse zu stützen oder zu widerlegen. Ich bin in diesem Gedankengange zu Untersuchungen über Sexualität gekommen, welche einen morphologisch-physiologischen Charakter tragen, deren leitende Ideen in unserer Wissenschaft neu sind, die darum über die mykologischen Grenzen hinaus ein allgemein botanisches Interesse darbieten. Dies ist der Grund, wesshalb ich die Resultate, zu welchen sie geführt haben, getrennt für sich dem ersten speciellen entwicklungsgeschichtlichen Abschnitte hier anschliesse.

Schon in diesem ersten Abschnitte habe ich eine Versuchsreihe dieser Art eingeflochten, wenn auch ihre Ausführung erst an dieser Stelle die volle Berechtigung haben dürfte. Ich zeigte gelegentlich der Keimung der Sclerotien, wie es durch Störung der normalen Keimung gelingt, den Beweis zu führen, dass die Sclerotien, sichtbar durch vegetative Sprossung an den Mycelien entstanden, aus einem und demselben dichten Geflechte gewebeartig verbundener Hyphen zusammengesetzt sind, welche gleichwerthig in ihrem Ursprunge in jeder Zelle hyphenartig auszusprossen und aus diesen ebenfalls gleichwerthigen Hyphensprossen je einen Fruchtkörper zu bilden vermögen, welcher in allen Vorgängen der Bildung durchaus demjenigen gleich ist, der an einem gewöhnlichen Faden des Myceliums entsteht. Indem hiermit weiter der Beweis gegeben wurde, dass sich jede Zelle eines Sclerotiums wie eine Zelle eines Mycelfadens verhielt, war es nicht wohl möglich, in den Sclerotien etwas anderes zu sehen als dicht verknäulte Mycelfäden, welche in diesem Zustande eine Dauerperiode zu überwinden vermögen.

Diese an den Sclerotien mit so entscheidendem Erfolge ausgeführten Versuche, durch welche ich schliesslich Tausende von Fruchtanlagen an einem Sclerotium erzeugen konnte, habe ich darauf, wie ich ebenfalls bereits Seite 33 angedeutet, an den Mycelien wiederholt. Auch hier konnten durch Unter-

drückung der ersten Fruchtanlagen beliebig neue an den Fäden der Mycelien hervorgerufen werden.

Da nun alle Fruchtanlagen an den Zellen des Sclerotiums in gleicher Weise, wie an den Fäden der Mycelien, durch vegetative Sprossung entstanden sind, und alle späteren Elemente der Fruchtkörper, welche im fertigen Zustande unterschieden werden können, Stiel, Volva, Hut, Lamellen und Rhizoiden aus dem gleichen vegetativ aussprossenden Hyphenelemente differenzirt werden, so setzte ich die an den Sclerotien und Mycelien begonnenen störenden Eingriffe bei den Fruchtkörpern selbst fort. Das Material war für solche Versuche wie geschaffen, die Sclerotien leicht in unbegrenzter Menge zu gewinnen und in jedem Augenblicke keimbereit, die Fruchtanlagen selbst durch die schnellste Entwicklung gefördert. Gleichsam wie ein Same an dem auskeimenden Embryo einer Pflanze, hängt das Sclerotium mit nur langsam versiegender Fülle von Nährstoffen an dem Fruchtkörper, und dieser ist in jedem Stadium seiner Entwicklung beliebigen mechanischen Eingriffen zugänglich.

Die erste Störung, die ich ihm anthat, bestand darin, dass ich mit einer Scheere den Hut in schnellem Schnitte vom Stiele trennte. Die Hinrichtung wurde natürlich bei mehreren Hunderten von keimenden Sclerotien zugleich vorgenommen, und der Sand, auf welchem die Sclerotien zur Keimung ausgelegt waren, nach der Enthauptung reichlich benetzt, damit die Stielstümpfe im dunstgesättigten Raume nicht eintrockneten. In den ersten Tagen waren äusserlich erkennbare Veränderungen an ihnen nicht zu finden; etwa neu aus der Oberfläche des Sclerotien auskeimende Fruchtanlagen wurden sogleich durch Abwischen unterdrückt. Am 3ten Tage konnten auf der Schnittfläche des abgeschnittenen Stieles neue Hyphenaussprossungen wahrgenommen werden, die leicht auf eine oder mehrere Enden der Stielzellen ursprünglich zurückzuführen waren. Diese Aussprossungen, rein vegetativer Natur, waren ganz und gar identisch mit denjenigen, welche wir früher an den Zellen der Mycelfäden oder der Sclerotien als erste Elemente der jungen Fruchtanlagen entstehen sahen. Diesen gleich vermehrten sie sich zu einem Hyphenknäuel, und machten in diesem die einzelnen Stadien der Entwicklung durch, wie sie uns bekannt sind. Zuerst erkannte man Stiel und Volva, dann Stiel, Hut und Volva, welche darauf je für sich die Reihe der Differenzirungen erfuhren, wie normale Fruchtkörper. Sobald die Fruchtanlage an Masse zunahm, wurde die Verbindung des neuen Spröss-

lings mit dem Stielstumpfe auf breiterer Basis vermittelt, als sie anfangs entstanden war. Es breiteten sich neue Hyphensprossungen am Fusse des neuen Stieles aus und verbanden ihn fester auf der breiten Fläche des Stielstumpfes[1]) (Taf. III, Fig. 6). Nach 7—9 Tagen gelangte der neue Fruchtkörper, das Sclerotium erschöpfend, zur vollen Reife. Aber merkwürdig genug wurden erst vorher an seiner Basalstelle Rhizoiden erzeugt[2]), welche über den Stumpf hinabwuchsen, und wenn sie früher an dem Stumpf, also an der Basis des Sclerotiums, bei der Hinrichtung noch nicht gebildet waren, so wurden sie auch hier mit der Reife des Sprösslings hervorgerufen (Fig. 6 *b* und *c* $_{5.5,}$).

Das Endresultat des Versuches lautet demnach dahin, dass, wenn man einer jungen Fruchtanlage den Hut abschneidet, aus der Schnittfläche des Stieles und zwar aus beliebigen Oberflächenzellen durch vegetative Sprossung eine neue Fruchtanlage entsteht, welche später mit dem alten Stummel an der Insertionsstelle, an der Stielbasis continuirlich verschmilzt, und auf ihm zur vollen Entwicklung kommt. Der Stiel in seiner Gesammtheit besteht aus zwei consecutiven Generationen von Fruchtkörpern, das untere Ende entspricht der ersten, der obere Theil der zweiten, deren Hut zur Reife gelangte.

Diesen ersten einfachen Versuchen reiht sich eine 2te Serie an mit gleichem Endresultate. Sie wurden dahin modificirt, dass ich die Schnittfläche verklebte, so dass sie nicht auswachsen konnte, oder dass ich die hier entstehende neue Fruchtanlage im ersten Keime störte. Nun wuchsen beliebige Zellen der Stieloberfläche aus. Die vegetativen Hyphensprosse normalen Ansehens verbanden sich zu jungen Fruchtanlagen, differenzirten Hut, Stiel und Volva aus sich, und nach 7—9 Tagen stand der seitlich entsprosste Fruchtkörper in voller Reife (Taf. III, Fig. 8 *a—d*). Wir können also sagen, dass Oberflächenzellen der Schnitt- und Seitenfläche eines Stieles neue Fruchtkörper ohne Mycelbildung vegetativ hervorzubringen im Stande sind; und dass es jede beliebige Zelle kann, lehrt erstens die Thatsache, dass die Fruchtanlagen an verschiedenen Stellen entstehen, zweitens die weitere Thatsache, dass viele Fruchtanlagen zugleich, oft mehrere auf der Schnittfläche und viele auf den Seitenflächen auftreten,

---

[1]) Diese spätere Verbindung auf breiterer Basis ist derjenigen gleich, welche wir bei der Auskeimung der Fruchtkörper aus den Sclerotien kennen lernten (Taf. II, Fig. 10).

[2]) In den regelmässig an den Basaltheilen neu entstehenden Rhizoiden der Sprossfrucht kommt, wie ich glaube, deren Charakter als neue geschlossene Individualität zum Ausdruck.

endlich der Versuch, dass man auch hier durch Abwischen der Fruchtanlagen schliesslich jede Zelle zum Austreiben bringen kann. In den Fig. 9 *a—d* habe ich zahlreiche Fälle dieser Art dargestellt, in einem (*c*) befinden sich 5 Fruchtanlagen auf einer Schnittfläche, von denen bereits eine in der Grösse den gegen die übrigen gewonnenen Vorsprung anzeigt.

Es schien mir nach diesen Resultaten nicht unwahrscheinlich, dass es gelingen könnte, diese Sprossgenerationen weiter zu treiben, dass nach abermaligen und wiederholten Verstümmelungen Sprossgenerationen höheren Grades zu erreichen sein würden. Was sie in der Entwicklung hindern konnte, war voraussichtlich nur eine zu frühe Erschöpfung der Sclerotien. Um nun diese für die weiteren Versuche zu vermeiden, wählte ich vorzugsweise dicke Sclerotien aus und schnitt den Hut der Fruchtanlagen in jüngeren Stadien ab als früher.[1]) Sobald die erste Sprossgeneration aus dem abgeschnittenen Stumpf genügend vorgeschritten war, nahm ich ihr den Hut weg. Es erfolgte nach mehreren Tagen an den Schnitt- und Seitenflächen des Stieles die Bildung neuer Fruchtanlagen, die später zur Sporenreife gelangten (Fig. 11 *a* und *b*). An besonders dicken Sclerotien gehörte es nicht zu den Seltenheiten, dass die Stielstümpfe der ursprünglichen und der ersten Sprossgeneration zugleich trieben, und dass mehrere Fruchtkörper zur Reife gelangten, die dann natürlich weniger gross ausfielen. Der Stiel setzte sich nunmehr aus drei Generationen zusammen, aus der ursprünglichen und aus zwei Sprossgenerationen, deren letzte den Hut trug. Hier entstanden Rhizoiden an allen Verbindungsstellen und auch an der Basis.

Ich verstümmelte hierauf die 2te Sprossgeneration und nach wenigen Tagen erschien die 3te durch neue Sprossung aus der 2ten (Fig. 12 *a* und *b*). Einen Theil von diesen Versuchsobjecten liess ich reifen, den andern verstümmelte ich wiederum. Abermals erschien die 4te Sprossgeneration, von welcher ich einen Fall in verhältnissmässiger Ueppigkeit, der Sporenreife nahe, in der Fig. 13 abgebildet habe.

Ich hätte diese Versuche unbegrenzt weiter führen können, wenn nicht die Entleerung der Sclerotien sie natürlich begrenzt hätte, die Auswahl mächtiger

---

[1]) Auch hier ist es zweckmässig, von einem bestimmten Punkte an das Licht nur mangelhaft auf die Culturen einwirken zu lassen, um durch stärkere Streckung des Stieles und gleichzeitige Hemmung der Hutausbildung einmal eine frühe Abtrennung des Hutes zu ermöglichen, dann auch der zu schnellen Erschöpfung der Sclerotien durch die Hutausbildung vorzubeugen.

Gebilde wie z. B. der Fig. 15, Taf. VIII würde diesem Umstande vorgebeugt haben, doch ich sah den Zweck nicht ein, die zeitraubenden Versuche aufs äusserste zu treiben, da aus dem mitgetheilten genugsam erhellt, dass die natürliche Grenze dieser consecutiven Sprossgenerationen einzig und allein in der Erschöpfung der Sclerotien natürlich gegeben ist. — Ich brauche kaum noch anzuführen, dass auch diese Ergebnisse stets aus der Fülle[1]) des Materials geschöpft wurden, dass für die einzelnen Versuchsreihen jedesmal ganze Culturen von Sclerotien in Verwendung kamen, die immer theilweise zum völligen Verblühen stehen gelassen wurden, während der andere Theil in jugendlichen Stadien den Versuchen zur weiteren Aussprossung durch Verstümmelung diente.

Besehen wir das letzte Product 4maliger Verstümmelung (Taf. III, Fig. 13), so finden wir eine Combination von fünf Fruchtkörpergenerationen, deren Stielstümpfe über einander zu einem Stiele verwachsen sind, die Narbenstellen und die einzelnen Verwachsungen sind deutlich zu erkennen, der Stiel der 5ten Generation ist noch nicht zur vollen Entwicklung gelangt und trägt den fast sporenreifen Hut an seiner Spitze, der ihm gelassen wurde.

Ich suchte nun diese Versuche nach einer anderen sehr naheliegenden Seite zu ergänzen. Warum sollte an dem Hute nicht das Gleiche zu erreichen sein, wie am Stiele, da ja Hut und Stiel gleichen genetischen Ursprungs sind, der Hut der obere, der Stiel der untere Theil der verbundenen Hyphensprosse ist? Allerdings lagen die natürlichen Verhältnisse für die Versuche in sofern ungünstig, als der Hut abgetrennt werden musste und hierdurch die Verbindung zur Nahrungsquelle, zum Sclerotium, verlor. Es konnten folglich Neubildungen durch Sprossung nur auf Kosten der im Hute selbst vorhandenen Nährstoffe entstehen, und diese reichen für kräftigen Entwicklungen nicht aus. Aber was bedarf es derer? Wir wissen ja, dass die Fruchtanlage auch von grösster Kleinheit in zwei Tagen die erste charakteristische Differenzirung in Stiel, Hut und Volva vollzieht, die vollkommen ausreicht, sie als solche zu identificiren. Ein weiteres Hinderniss für diese Versuche war darin gegeben, dass die abgeschnittenen Hüte, trotzdem sie abgeschnitten waren, ihre weitere Entwicklung vollzogen, ja dass sie sie vollzogen, auch wenn ich sie in mehrere Hälften gespalten hatte; es

[1]) Ganz dieselben Sprossungen erreichte ich später allein schon durch die Entziehung des Lichtes nach erfolgter Keimung der Sclerotien. Die Finsterniss wirkt ähnlich wie eine Verstümmelung; ich komme demnächst speciell auf diese Versuche zurück.

streckte sich Stiel und Hut, der Hut wurde aufgespannt und entleerte seine Sporen. Diese fortlaufende Entwicklung musste verhindert werden, wenn eine Aussprossung am Hute erfolgen sollte, sie musste gehemmt werden, ohne dass seine Elemente abstarben.

Im Anfange misslangen alle Versuche; immer erfolgte die Streckung und Entwicklung des abgeschnittenen Hutes. Es war der Zeitpunkt nicht richtig getroffen, es waren die Hüte zu spät abgeschnitten, wenn schon die Streckung begonnen hatte, die einmal eingeleitet unablenkbar fortging. Späterhin wählte ich dicke Fruchtanlagen aus und schnitt sie vor der Streckung ab, jedoch nicht zu früh, zu einer Zeit, in welcher die Lamellen der Vollendung nahe waren. Ich legte die Hüte zusammen auf feuchten Sand und cultivirte sie, wie sonst Sclerotien. Nun unterblieb die Entfaltung des Hutes, ebenso wenig ging er durch Eintrocknen unter. Nach wenigen Tagen begannen die Aussprossungen, aber leider immer nur am Stiele. An der Schnittfläche entstanden wie an den correspondirenden Stümpfen Hyphensprosse, welche sich (wie die an den Fäden der Mycelien, an der Oberfläche der Sclerotien und an den Fruchtstielen, die den Sclerotien nach dem Abschneiden des Hutes verblieben), zu neuen Fruchtkörpern differenzirten, die Stiel und Hut und in diesem die Lamellen deutlich angelegt hatten (Taf. V, Fig. 5 *a*). Nur in einem Falle, an einem besonders üppigen Hute, den ich von einem Riesensclerotium abgeschnitten, erlangte eine Fruchtanlage an der Schnittfläche des Stieles, zwar klein und schmächtig im Vergleich zu dem Mutterhut, der ihn nach Kräften ernährte, die Sporenreife. Das ganze Gebilde war übrigens an sich äusserst komisch. Es bestand aus einem Stiele, welcher an jedem Ende einen Hut trug und entsprach der Combination von zwei Fruchtkörpern, die an ihren Stielen mit einander verwachsen sind, der eine abgeschnittene Fruchtkörper war gross, seines Inhaltes entleert und in der Entwicklung verkümmert, der andere hingegen, das Sprossproduct des ersten war nur klein, hatte aber keck seinen Stiel gestreckt und trug in seinem Hütchen reife Sporen. Der Stielstummel des ersten bildete die unmittelbare Fortsetzung des Stielchens der kleinen Sprossgeneration, eine plötzliche Verjüngung (Fig. 5 *a*) in den Dimensionen zeigte deutlich ihre Verbindungs- und Ursprungsstelle an. — Durch die Aussprossung der Stielbasis wurden in den meisten Fällen die Sprossbildungen am Hute verhindert; ich verklebte sie zuerst, um den Hut selbst zum Treiben zu bringen. Nunmehr ent-

standen die Sprossungen am Rande des Hutes, am Ausgange der Lamellen. Sie entstanden zahlreich, oft bis 70 am innern Hutrande, und jede von ihnen kam so weit in der Entwicklung, dass man Hut, Stiel und Volva deutlich erkennen konnte (Fig. 5 *b*). Bei den Operationen indess, die Ursprungsstellen deutlich zu sehen, zerfiel der alte Hut in Trümmer, er war jeder Präparation unzugänglich. Diese Schwierigkeiten mussten umgangen werden, und nichts war leichter als dies. Die sämmtlichen Versuche hatten genugsam gezeigt, dass vorzugsweise die Schnittflächen auswachsen; ich schnitt darum bald vom Gipfel ein Stück ab und stellte hier eine Schnittfläche her, bald theilte ich den Hut der Länge nach in zwei Hälften und zwar in zwei ungleiche, so dass ich den Stiel dabei nicht anschnitt, um vorzugsweise die Lamelle und den Hutrand zu begünstigen. Beide trieben nun an der ganzen Schnittfläche aus und aus den Sprossen bildeten sich bis gegen 10 junge Fruchtanlagen (Taf. II, Fig. 6), die mitunter so dicht neben einander standen, dass sie sich gegenseitig berührten. Einige bescheidene Fälle, in denen die Stellen der Aussprossung deutlich zu sehen waren, habe ich in den Figuren 7 und 8 abgebildet; in der letzten sind mehrere Lamellen durch Präparation abgetrennt, welche drei Fruchtanlagen, sämmtlich differenzirt, theils an der Schneide, theils mehr nach innen ausgetrieben haben. Die Basalstelle dieser Anlagen ist klein und eng begrenzt; es können nur die hymenialen Flächen, die Pallisaden und Basidien gewesen sein, welche durch Hyphenaussprossung das Material für die Neuanlage der Fruchtkörper hergaben.

Hiermit sind die Versuche nach dieser Richtung erschöpft; es ist unmöglich sie weiter zu ergänzen, sie in ihren Resultaten klarer und fester zu gestalten, als sie uns vorliegen. Und wenn uns früher die Beobachtungen über die erste Bildung der Fruchtkörper überzeugend darthaten, dass sie als einfache Hyphensprossungen an beliebiger Stelle und in beliebiger Zahl an den Mycelien entstehen, wenn ferner die Beobachtung und das Experiment lehrten, dass dieselben (genau die gleichen) Hyphensprossungen aus beliebigen Zellen der Sclerotien für die Fruchtanlage entstehen, dass Tausende von Fruchtanlagen aus jeder Zelle der Oberfläche und des Innern eines Sclerotiums entstehen, so zeigen uns jetzt, nicht minder klar, die langen Reihen experimenteller Versuche, dass auch jede Zelle des vegetativ entstandenen Fruchtkörpers, jede Zelle des Stieles (Taf. V, Fig. 9), jede Hyphe des Hutes, der Lamellen des Hymeniums (Fig. 5—8) an fast jedem Punkte der Ent-

wicklung dieselben Hyphensprossungen zu bilden vermag, dieselbe Fruchtanlage aus ihnen zu erzeugen befähigt ist, wie sie an den Zellen des Myceliums, wie sie am Sclerotium entstehen. Jede Zelle eines Fruchtkörpers verhält sich hiernach vegetativ, wie die Fäden des ursprünglichen vegetativen Myceliums. Wie steht es nun mit der Sexualität? Wie sieht es aus mit der Vorstellung, nach welcher der Fruchtkörper das Product einer Sexualität, die Mycelien und Fruchtkörper die Wechselgenerationen einer Pflanze bilden, die einander folgen und sich erzeugen? Wo soll die Sexualität verborgen liegen (man könnte dies noch annehmen, trotzdem man sie nicht sehen kann)? Kann sie anderswo gelegen sein, als in den Hyphensprossungen, welche die Bildung des Fruchtkörpers einleiten? — Nehmen wir an, sie läge dort verborgen, es ginge in den Sprossungen, welche an einem Mycelfaden entstehen, ein Sexualact, nicht sichtbar, vor sich, dessen Product der Fruchtkörper ist, nehmen wir also an, die Mycelien wären die Geschlechtsgeneration und die Fruchtkörper die geschlechtlich erzeugten Früchte, und wir wollen sehen, zu welchen interessanten Consequenzen wir kommen.

Wir sind gezwungen, sobald wir dies annehmen, zugleich zuzugestehen, dass auch in den Aussprossungen eines Sclerotiums zum Fruchtkörper ein Sexualact vor sich geht, weil diese Aussprossungen, aus jeder Oberflächenzelle eines Sclerotiums, genau so vor sich gehen, wie die an einem Mycelfaden, und weil sich in beiden Fällen in der gleichen Weise der gleiche Fruchtkörper aus ihnen bildet. Machen wir dies nothwendige Zugeständniss, so würde hieraus folgen, dass je nach Umständen die Sexualität im Entwicklungsgange einer Pflanze an zwei verschiedenen Stellen auftreten könne, dass sie einmal an den Mycelfäden vorkomme, um ein anderes Mal nach einer ganz anderen Stelle nach der Keimung der Sclerotien verlegt zu werden, Vorkommnisse, die vorläufig im Pflanzenreiche ohne Analogie dastehen würden. Wir müssten weiterhin annehmen, dass bei jeder Aussprossung einer Oberflächenzelle eines Sclerotiums ein Sexualact vor sich ginge, der sich dann nach unseren früheren Versuchen, Tausende von Malen an einem Sclerotium wiederholen müsste, was freilich nicht unmöglich, aber zum mindesten nicht sehr wahrscheinlich ist. Nun wächst aber jede Zelle eines Fruchtkörpers, jede Zelle eines Stieles des Hutes oder der Lamellen zu denselben Hyphen aus, aus welchen am Mycelium und am Sclerotium der Fruchtkörper entsteht, aus welchen er auch hier und zwar genau in derselben

Weise sich aufbaut. Auch hier müssen wir darum, wenn in diesen Aussprossungen die Sexualität verborgen liegen soll, einen Sexualact annehmen. Dies kann nur so gedacht werden, dass ein Product der Sexualität selbst sexuell wird, dass es unmittelbar aus beliebigen Zellen und zu beliebiger Zeit, genau wie eine Geschlechtsgeneration, Sexualzellen erzeugt, welche nach der Befruchtung einen Fruchtkörper bilden. Nun sprosst dieser zweite Fruchtkörper, der aus dem ersten ohne eine eigentliche Geschlechtsgeneration (die doch zur Erzeugung der Fruchtkörper da ist) hervorgewachsen ist, wiederum in jeder Zelle aus, und abermals würde die Geschlechtsgeneration übersprungen gedacht werden müssen. Das zweite Product der Sexualität, aus dem ersten geschlechtlich entsprungen und mit ihm verwachsen, erzeugt in derselben Weise den dritten Fruchtkörper, dieser wird nochmals direct sexuell, und durch den dritten Sexualact entsteht der vierte Fruchtkörper, aus diesem der fünfte, und so fort. Wir kämen so zu einem Bauwerk der merkwürdigsten Art: Auf der Basis einer Geschlechtsgeneration entstehen fünf ihrem morphologischen Werthe nach ungeschlechtliche Generationen, die immer auseinander hervorgehen in der Art, dass der Reihe nach 4mal die Geschlechtsgeneration übersprungen wird, und 4mal nach einander die zunächst ungeschlechtliche Generation selbst sexuell wird und unmittelbar aus jeder beliebigen Zelle Sexualzellen treibt, welche die nächste Generation erzeugen. Existirt ein Generationswechsel gleicher Art im Pflanzenreiche? — In der genetischen Reihe der Pflanzentypen, von unten nach oben verfolgt, finden wir bei den Thallophyten mit Sexualität nirgends eine Folge von Generationen, wie sie uns hier bekannt geworden ist.[1]) Freilich sind nirgendwo Versuche dieser Art gemacht worden, aber wo sie gemacht werden konnten, sind sie (bei mir vorläufig) resultatlos verlaufen. Bei den Moosen ist die zweite Generation die hoch differenzirte Capsel; Sprossgenerationen zu neuen Capseln sind unbekannt, ich habe bereits Versuche eingeleitet sie künstlich hervorzurufen und werde darüber später berichten. Bei den Farnen sind Sprossungen der zweiten Generation häufig, bei den Phanerogamen sind sie fast allgemein und die mächtigsten Gebilde der Pflanzenwelt entstehen aus consecutiven Sprossgenerationen, die sich gleichsam zu einem Individuum verbinden. Aber

---

[1]) Bei Florideen z. B. Calosiphonia, Halymenia hat *Bornet* ein erneutes Aussprossen der carpogenen Zellen nach der Reife der ersten Sporen beobachtet. Notes algologiques par Bornet et Thuret. Paris 1876.

welcher Art sind diese Sprossgenerationen? Sie entstehen überall, wo sie bekannt sind, durch vegetative Aussprossung, sie entstehen als eine vegetative Vermehrung der zweiten Generation, die hier vollkommene Individualität erlangt hat. Die Bildung dieser Sprossgenerationen ist eine vegetative, und darum ist sie dem ersten Ursprunge nach eine wesentlich andere, wie die der geschlechtlich erzeugten Stammgeneration, welche sie hervorbringt. Sie entstehen nicht aus dem befruchteten Keimbläschen oder aus der befruchteten Bauchzelle eines Archegoniums, und erfahren nicht die Reihe bestimmter morphologischer Differenzirungen, wie ein Embryo nach der Befruchtung. Hierin liegt der grosse Unterschied dieser äusserlich ähnlichen Vorkommnisse mit denjenigen, welche wir vorhin bei den Fruchtkörpern der Pilze in Betracht gezogen haben. Bei ihnen ist die Bildung des ersten Fruchtkörpers auf den Mycelien, der also die Stammgeneration sein würde, genau übereinstimmend mit den späteren Bildungen neuer Fruchtkörper auf dieser Stammgeneration. Nehmen wir in der ersten Bildung eine verborgene Sexualität an, so müssen wir sie für die späteren ihrer vollkommen gleichen Entstehung nach ebenfalls annehmen. Thun wir dies, so geht uns die Berechtigung aus, sie als Sprossgenerationen aus der ersten und als ungeschlechtliche Bildungen zu betrachten im Gegensatze zu dieser ersten, die geschlechtlich erzeugt sein würde, denn (um einen anderen Ausdruck zugebrauchen) alle späteren Sprossgenerationen entstehen als embryonale in der gleichen Weise wie diese, sie bilden sich ganz ebenso aus den Zellen des Fruchtkörpers, wie sie aus den Zellen des Myceliums entstehen. — Ein Vergleich[1]) der Sprossbildungen bei höheren Pflanzen mit diesen an den Fruchtkörpern der Basidiomyceten neu festgestellten ist folgerichtig nicht zutreffend.

[1]) Träfe der Vergleich zu, bestände wirklich eine Sexualität bei der ersten Bildung der Fruchtkörper auf den Mycelien oder auf den Sclerotien, und wären die weiteren Sprossbildungen an den Fruchtkörpern ungeschlechtlich, so würde die Entdeckung der vegetativen Fortpflanzung der Früchte durch Sprossung, als die erste bei den Thallophyten, gleichwohl ihre Bedeutung haben. Es würden die Basidiomyceten nach diesen Sprossbildungen auf die morphologische Höhe der Gefässkryptogamen und der Phanerogamen gehoben werden. Zweifel darüber, dass eine wirkliche Vermehrung durch die Sprossung, eine Erzeugung von mehreren Fruchtkörpern aus einem stattfindet, werde ich demnächst beseitigen, wenn ich zum Einflusse des Lichtes auf die Entwicklung dieses Pilzes komme, durch dessen Entziehung eine ganz enorme Sprossung der Fruchtkörper eingeleitet wird und eine Fruchtreife von mehreren Sprossbildungen aus einem Fruchtkörper sogar in verschiedenen Sprossgenerationen mit Leichtigkeit erreicht werden kann

Aus der Reihe dieser Erwägungen und Vergleiche geht hervor, dass wir durch die Annahme einer Sexualität, die man (weil sie in den ersten Hyphensprossungen beim Aufbau des Fruchtkörpers verborgen liegt) nicht sehen kann, zu Deutungen der dargelegten neuen Thatsachen geführt werden, von denen gewiss schwerlich behauptet werden wird, dass sie wahrscheinliche und natürliche sind, Deutungen, für welche eine Analogie im Pflanzenreiche nicht zu finden ist. — Drehen wir aber nur den obigen Ausdruck für die Thatsache, dass Sprossgenerationen und embryonale Generation einander gleich entstanden sind, dahin um, dass die embryonale mit den Sprossgenerationen ihrer Bildung nach übereinstimmt, so haben wir die einfache Wahrheit. Sie ist selbst nur eine Sprossbildung und kein Product der Sexualität, keine zweite Generation, sondern ein zur Fructification differenzirter Abschnitt der ersten, welcher als einfaches Sprossungsproduct überall aus jeder Zelle entstehen und durch äussere Beeinflussung und Störung in jedem Stadium der Entwicklung, an jeder beliebigen Stelle neu entstehen kann. Die Beobachtungen sind so natürlich gedeutet, alle Thatsachen erscheinen einfach und klar, die Unwahrscheinlichkeit ist verschwunden und eine Auffassung zur Seite geschoben, welche alle Thatsachen gegen sich hat.

Dieser ersten Hauptserie von experimentellen Versuchen werde ich jetzt eine zweite gegenüberstellen, in der Ausführung nicht weniger umfangreich, in ihren Resultaten nicht minder bestimmt, als es die erste war. Ein Gedanke führte mich auf diesen Weg der Untersuchung, den ich an keiner Stelle der Literatur angedeutet finde, so nahe er auch liegt. Das Wesen der Sexualität offenbart sich darin, dass die Pflanze Zellen erzeugt, welche für sich nicht entwicklungsfähig sind, die es erst dadurch werden, dass sie sich gegenseitig verbinden. Durch dies Zusammenwirken der Sexualzellen wird bei den Pflanzen der ursprüngliche Gang nicht ohne weiteres wiederholt und von vorn begonnen, sondern ein neues Stück der Entwicklung eingeleitet, wesentlich von dem verschieden, wie es vorher bestand. Das Product der Sexualität ist im einfachsten Falle bei den niederen Pflanzen, den Algen und den Pilzen, eine Zygo- oder Oospore (bei Fucus nur transitorisch vorhanden), beides Bildungen neuer Art und von wesentlich anderer Form als Mycelium und Thallus, auf welchen sie entstanden sind. Höher hinauf wird bei den Florideen und bei den Moosen eine Capsel gebildet mit Sporen, die ihrer Gestalt, ihrem morphologischen Aufbau nach wesentlich verschieden ist von der Moospflanze, welche sie erzeugte. Bei den Farnen ist

die grosse Farnpflanze das Product aus den verschmolzenen Sexualzellen; diese entstehen an kleinen thallösen Pflänzchen, den Prothallien, welche kaum Vergleichspunkte bieten mit den mächtigen Gebilden, die aus ihnen hervorgehen. Die höchsten Pflanzen endlich, die Phanerogamen, sind Producte der Sexualität und selbst sexuell geworden. Der Pollenschlauch ist das einzige individualisirte Ueberbleibsel der ursprünglichen Pflanze; ein Vergleich beider mit einander lehrt den gewaltigen Unterschied, der zwischen ihnen besteht. Von unten nach oben verfolgt wird der Unterschied zwischen dem neu erzeugten Product der Sexualität und der ursprünglichen geschlechtlichen Pflanze stetig grösser. Aus einem kleinen einzelligen Anhängsel an der ursprünglichen Pflanze wird es zur reich differenzirten Capsel, gewinnt Individualität, und je weiter dieser geschlechtlich erzeugte individualisirte Abschnitt der Entwicklung fortschreitet, um so mehr geht der ursprüngliche zurück, er wird kleiner, schliesslich einzellig und zum Theil selbst Anhängsel seines riesigen Erzeugnisses. Das Product der Sexualität erreicht eine ungleich höhere Entwicklung als die ursprüngliche Pflanze, es ist darum nicht unberechtigt anzunehmen, dass in der Sexualität selbst, in der fortschreitenden sexuellen Differenzirung ein Impuls für diese höhere Entwicklung gegeben sein könnte.

Normaler Weise vollendet nun der durch die Sexualität neu eingeleitete Abschnitt des Pflanzenlebens oder die neu erzeugte Pflanzenindividualität den ihr eigenen Gang der morphologischen Differenzirung. Sie wird am Ende selbst ihrer ganzen Masse nach zur Spore, oder sie schliesst mit der Bildung von vielen Sporen ab, welche bestimmt sind, den ersten ursprünglichen Abschnitt aus sich wieder zu erzeugen. Normaler Weise ist demnach in den Sexualzellen einmal, in den Sporen das andere Mal der Wendepunkt in der Entwicklung des Pflanzenlebens gegeben. Der Gang der morphologischen Differenzirung erreicht zweimal seinen Höhepunkt und beginnt zweimal von vorn mit einer Zelle, hier in der Erzeugung der Sexualzellen und ihrem Zusammenwirken, dort in der Bildung der Sporen und ihrer Keimung; für beide Arten der Fortpflanzungsorgane ist es charakteristisch, dass sie nicht den Abschnitt reproduciren, auf welchem sie entstanden sind, sondern den andern ergänzenden der beiden Wechselgenerationen, aus welchen das Pflanzenleben sich ergänzt. Da nun die Wirkung der Sexualität die ist, dass durch sie ein neues Product mit anderem Entwicklungsgange entsteht, und dieser Entwicklungsgang sich bis zur Bildung

der Sporen vollendet, in diesen abschliesst, so trägt offenbar in diesem Verhalten ein Product der Sexualität die Wirkung der Sexualität an sich, und wird sie bei künstlichen Hemmungen naturgemäss geltend zu machen bestrebt sein. Bei Versuchen einer künstlichen Umlenkung zum Ursprunge über den Wendepunkt hinaus, ehe er erreicht ist, wird sich dieser Einfluss geltend machen müssen. Wir haben in diesen künstlichen Umlenkungen das Maass ihn zu prüfen, vergleichend zu messen, wie seine Wirkungen in der einen oder andern Form sich kundgeben; und in allen den Fällen wird sich keine Spur von ihm zeigen, wo keine Sexualität vorhanden ist, wo die Wendepunkte in Sporen und Sexualzellen nicht bestehen, wo der Gang der Entwicklung in den Grenzen einer Generation ein continuirlicher ist, eine zweite geschlechtlich erzeugte nicht besteht.

Wie wir wissen, wurde nach den bisherigen Vorstellungen bei den Basidiomyceten eine Sexualität bei dem Ursprunge der Fruchtkörper angenommen und dementsprechend die Mycelien, welche die Geschlechtszellen erzeugen, aus welchen die Fruchtkörper entstehen, als Geschlechtsgeneration angesehen, die Fruchtkörper als zweite ungeschlechtliche Generation aufgefasst, welche in Sporen abschliesst und aus diesen die erste, die Mycelien, wiedererzeugt. Ich versuchte nun nach dem eben ausgeführten Gedankengange die Wirkungen der hier angenommenen Sexualität an den Fruchtkörpern zu prüfen, ich versuchte die Umlenkung dieser Fruchtkörper, während ihrer Entwicklung, zu Mycelien herbeizuführen, also die Bildung der Mycelien aus ihnen ohne vorherige Sporenbildung, mit Ueberschlagung der Sporenbildung, zu erreichen und dabei näher festzustellen, in welchen Stadien der Entwicklung, aus welchen Elementen und in welcher Zeitdauer die Umlenkung möglich wird. — Versuche dieser Art sind offenbar denjenigen entgegengesetzt, welche auf die Bildung einer zweiten Generation ohne Sexualität bei sonst geschlechtlichen Pflanzen abzielen. Man hat die ungeschlechtliche Erzeugung eines sonst nur geschlechtlich entstehenden Abschnittes oder einer Pflanzenindividualität Parthenogenesis genannt, wenn sie aus unbefruchteten weiblichen Eizellen statt findet, der Kürze wegen könnte man die entgegengesetzten Versuche, die erste Generation aus der zweiten ohne Sporenbildung zu erreichen, als Versuche auf umgekehrte Parthenogenesis bezeichnen.

Ich leitete die Versuche ein mit eben beginnenden Fruchtanlagen. Diese lassen sich, wie sie auf der Oberfläche der Sclerotien entstehen, mit einer lanzettförmigen Nadel leicht ohne Verletzung abheben. Ich brachte sie in mässig verdünntes Mistdecoct, worin ich sie vorsichtig zum Theil benetzte. Schon am nächsten Tage wuchs jede Zelle der Fruchtanlage, die nicht beim Abheben zufällig mechanisch getödtet war, zu neuen Mycelfäden aus, welche ganz genau in der Verzweigung, in der Bildung der Fusionen, in dem Auftreten der Schnallenzellen etc. den Mycelien glichen, welche wir früher aus Sporen keimend kennen gelernt haben. Sie charakterisirten sich als normale Mycelien namentlich darin, dass sie nach 8—10 Tagen, also der gleichen Frist wie die Sporenmycelien, Fruchtanlagen auf den Fäden bildeten (Taf. V, Fig $1_{3 u. 4}$). Diese, in gleicher Weise wie sonst an einzelnen Zellen der Fäden als vegetative Aussprossungen entstehend, erfuhren die Reihe der uns bekannten Differenzirungen und erlangten in 2 oder 3 Individuen auf jeder Objectträgercultur die volle Sporenreife. Es ist in einem Blick möglich, die Fruchtkörper am Mycelfaden zu der Fruchtanlage zurückzuverfolgen, von welcher die Mycelfäden ausstrahlen und ausgehen. In Fig. 1_{1-4} habe ich ein Bild bei schwacher Vergrösserung gezeichnet, welches dies veranschaulicht. Auch hier sind, wie sonst in den Objectträgerculturen aus Sporen, mehr Fruchtanlagen (3 u. 4) angelegt, als zur Entwicklung kommen; sie gehen in verschiedenen Stadien der Differenzirung aus Nahrungsmangel unter.

Ich ging darauf zu Fruchtkörpern über, welche in der Entwicklung weiter vorgeschritten waren, welche schon Hut, Stiel und Volva deutlich unterscheiden liessen. Sie wurden mit einem scharfen Messer in mehrere keilförmige Längsstücke zerschnitten, im andern Falle der Quere nach getheilt, und diese Stücke je für sich, wie vorhin, in Mistdecoct cultivirt. Gleich nach der Aussaat zeigten sich aus jeder lebendig gebliebenen Zelle die mycelialen Aussprossungen, die wiederum nach 8 Tagen, wie normale Mycelien, Fruchtanlagen trieben, welche später zur Reife kamen. — Nun wählte ich Fruchtkörper zu Versuchsobjecten aus, deren Hut bereits Lamellen angelegt hatte. Ich zerschnitt Hut (Fig. 3_1) und Stiel (Fig. 4_1) für sich so vorsichtig als möglich, um wenig Zellen zu verletzen. Bei der Cultur in Mistdecoct fand ein allgemeines sofortiges Auswachsen der Zellen jedes Theilstückes statt, und die hervorsprossenden Mycelien fructificirten nach 8 Tagen und hatten nach weiteren 8 Tagen reife Fruchtkörper. Fig. 4_1

stellt ein Stück Fruchtstiel dar, welches in jeder Zelle aussprosste und schon Fruchtträger (3 u. 4) an den Mycelien (2) in verschiedenen Stadien der Entwicklung trägt.

Schliesslich nahm ich Hüte von Fruchtkörpern in Cultur, die bereits völlig differenzirt in der Ausbildung des Hymeniums begriffen waren. Mit Leichtigkeit konnte ich mich überzeugen, dass alle Elemente des Hymenium, Basidien und Pallisaden, sofort zu Hyphen auswuchsen, in derselben Zeit normale Mycelien bildeten wie die Sporen, und Fructificationen anlegten wie Sporenmycelien, die, wie Fig. 3 zeigte, in allen Stadien der Entwicklung in bestimmter Zeit anzutreffen sind.

Die Reihe dieser Versuche, die ich zu verschiedenen Malen und jedesmal in einer Zahl von wenigstens 20 einzelnen Culturen ausgeführt habe, ergibt mithin das gleiche Resultat, dass sich in dieser Weise auch nicht eine Spur von einer Sexualität, von einem sexuellen Einflusse nachweisen lässt; Mycelien und Fruchtkörper ergeben sich, den directen Beobachtungen und den experimentellen Versuchen nach, als Bildungen e i n u n d d e r s e l b e n Generation; die Fruchtkörper sind in jedem Stadium der Entwicklung, in jeder Zelle zum Ursprunge umlenkbar, sie verlassen ohne Verzug die eingeschlagene Entwicklungsrichtung, ehe sie sich vollendet hat, um von neuem den Entwicklungsgang vonvorn mit Mycelien zu beginnen.

Auch mit den Sclerotien, welche unter Umständen und zwar bei diesem Pilze der Regel nach im Entwicklungsgange auftreten, habe ich die gleichen Versuche, wie mit den Fruchtkörpern auszuführen nicht unterlassen. Aus jeder unverletzten Zelle eines Schnittes wuchsen sofort neue Mycelien aus, die nicht ermangelten nach entsprechender Zeit zu fructificiren (Taf. V, Fig. 2). Es gelingt mit sicherer Hand aus diesen Schnitten einzelne Zellen unverletzt frei zu präpariren, und aus jeder beliebigen dieser Zellen, wie aus einer Spore, Mycelien hervorgehen zu sehen.

Diese letzten Versuche der künstlichen vegetativen Aussprossung der Pilzfrüchte zu Mycelien ergänzen sich mit den ersten Versuchsreihen, durch welche, im Wege der Verstümmelung der Fruchtkörper vor ihrer Vollendung, neue Fruchtanlagen ohne Mycelien direct aus ihnen gewonnen wurden: gelang es dort, aus jeder Zelle eines verstümmelten Fruchtkörpers neue Fruchtanlagen gleich denen am Mycelium zu treiben, sie Generationen hindurch aus einander

ohne Mycelien sich fortsetzen zu sehen, so gelang es hier, dieselben Zellen der Fruchtkörper, die dort zu Fruchtanlagen unmittelbar auswuchsen, ohne Verzug zu neuen vegetativen Aussprossungen umzulenken ohne die Sporen, die den natürlichen Abschluss der Entwicklung bilden.[1]) Ein Wendepunkt der Entwicklung, wie er normaler Weise bei Pflanzen mit Sexualität in den Sexualzellen und Spore gegeben ist, existirt in diesem künstlich herbeigeführten continuirlichen Entwicklungsgange nicht, und es weist auch nicht eine einzige Andeutung der einen oder der anderen Art bei diesen Versuchen künstlicher Umlenkung auf die Existenz dieser Wendepunkte im normalen Verlaufe der Entwicklung hin.

Wir sind hiernach nicht im Stande, mit den neu erdachten überhaupt denkbaren Hülfsmitteln auch nur den leisesten Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, dass eine Sexualität bestehe, welche die Beobachtung nicht sehen kann; die Versuche bestätigen und stützen vielmehr die Beobachtungen, soweit sie überhaupt einer Stütze bedürfen können, dahin, dass dieser Vertreter der grossen Classe der Basidiomyceten, soweit wir ihn kennen, jeder Sexualität baar ist, dass die Mycelien ungeschlechtlich bleiben, und die Fruchtkörper ebenfalls ungeschlechtlich entstehen und ohne Sexualität bis zu Sporen reifen.

Die angeführten experimentellen Versuche über die Umkehrung der Pilzfrüchte[2]) sind bald nachher von Herrn Dr. *Pringsheim*[3]), dem ich sie schon Ende October und Anfang November 1875 vertraulich mittheilte[4]) und vom Herrn

---

[1]) Der Vollständigkeit halber führe ich noch kurz an, dass ich mehrmals hintereinander die Sporenbildung in den Fruchtkörpern unterdrückt und consecutive Myceliengenerationen aus den je vor der Sporenbildung verstümmelten Fruchtkörpern durch vegetative Mycelaussprossungen, also ohne Sporenbildung erzogen habe. Auch hier hätte ich die Versuche noch beliebig weiter fortsetzen können.

[2]) Mit den Früchten der Ascomyceten habe ich gleichzeitig mit denen der Basidiomyceten und auch späterhin viele Versuche gemacht, aus welchen ich zur Ergänzung kurz anführen will, dass die Früchte derjenigen Ascomyceten, die (z. B. viele Pezizen, die ich untersuchte) kein Ascogon erkennen lassen, in jedem Momente der Entwicklung umlenkbar sind, andere aber, wie Ascobolus, Penicillium, Eurotium etc. ausnahmslos absterben. Es scheint aus diesen Versuchen hervorzugehen, dass die hier sichtbar bestehende, wahrscheinlich durch die Sexualität herbeigeführte Differenzirung bei denjenigen Pezizen, wo man sie nicht mehr sieht, verloren gegangen ist.

[3]) Pringsheim, vegetative Aussprossung der Moosfrüchte. Berlin, Bericht der Akademie. Juli 1876.

[4]) Ich will bemerken, dass ich gelegentlich meiner Mittheilung an Herrn Dr. Pringsheim über meine experimentellen Versuche mit den Pilzfrüchten im Anfange November 1875 ganz speciell

Dr. *Stahl*[1]), der sie erst einige Monate später aus meiner vorläufigen Mittheilung in der botanischen Zeitung erfuhr, bei den Moosfrüchten weiter ausgeführt worden. Diese Versuche, vom Herrn Dr. *Stahl* umfassender als vom Herrn Dr. *Pringsheim* ausgeführt, haben ergeben, dass eine Umlenkung der morphologischen Differenzirung der Moosseten nicht gelingt. Die jungen Embryonen und noch nicht differenzirten Kapseln sterben mit vollem Zellinhalte, wie *Stahl* angibt und ich bestätigen kann, ab. Bei solchen Kapseln hingegen, welche bereits differenzirt waren, gelang es hie und da aus einzelnen Zellen des Stieles und der Kapselwand nach dreimonatlichem Liegen auf feuchtem Sande Protonemen zu erziehen, während die in der Kapsel eingeleitete Sporenbildung zu Grunde ging. In diesen Thatsachen gibt sich der Einfluss der Sexualität, durch welche die Mooskapseln erzeugt werden, im Vergleich zu den von mir gewonnenen Resultaten bei den Pilzfrüchten klar zu erkennen. Die Differenzirung des geschlechtlich erzeugten Moosembryos vollzieht sich ohne Umlenkung; in Fällen, wo nach vollendeter Differenzirung die angelegten Sporen nicht zur Entwicklung kommen, übernehmen nach einer Zeitfrist von drei Monaten einige Zellen des Stieles oder der Kapselwand die Function der Sporen, ohne sich als solche wie normale Sporen morphologisch im Stiele zu differenziren.[2]) — Die Verschiedenheit der eigentlichen Moospflanze und der Kapsel lehrt ihr verschiedenes Verhalten bei vergleichenden Versuchen zum Aussprossen. Die Moospflanzen wachsen sogleich in jedem Stadium der Entwicklung aus, die Kapseln hingegen sterben meistens ab, nur selten sprossen bei vereinzelten Moosen aus völlig differenzirten Seten einige Zellen des Setainnern nach Monaten aus. — Die Versuche mit den Mooskapseln bilden auch in soweit eine interessante

---

auf die Moosseten als geeignetes Material für weitere Versuche hingewiesen habe, die man nur auf feuchten Sand zu legen brauche, um eine Umlenkung nach Art meiner Versuche zu erreichen. Ich habe hierbei bemerkt, dass ich nicht glaubte, dass eine Aussprossung, wie ich sie bei den Pilzfrüchten beobachtet hatte, eintreten würde (wie sie ja auch thatsächlich nicht eingetreten ist), dass es aber auf den Versuch ankäme; ich sei leider in meinen engen finsteren Räumen, in der Fülle meiner Untersuchungen neben meiner Lehrthätigkeit, nicht sogleich im Stande diese jetzt so naheliegenden Versuche selbst auszuführen.

[1]) *Stahl,* Ueber künstlich hervorgerufene Protonemabildung an dem Sporogonium der Laubmoose. Botanische Zeitung, 1876, p. 689.

[2]) Versuche durch Abschneiden der noch nicht sporenreifen Kapsel auf der Moospflanze eine regelmässigere Sporenbildung in der Seta zu erreichen oder eine Verzweigung der Kapsel zu bewirken, habe ich im Freien eingeleitet und werde darüber später berichten.

kleine Ergänzung zu meinen früheren mit den Pilzfrüchten, als sie dazu dienen können, den von mir gefundenen und zuerst eingeschlagenen Weg, morphologische Untersuchungen durch experimentelle Versuche zu stützen, als einen fruchtbaren zu kennzeichnen.[1])

In möglichster Kürze will ich an dieser Stelle einige Notizen anführen über Versuche bei höheren Pflanzen, welche ich in Anregung der *Farlow*'schen Publication »die vegetative Entwickelung der Farnpflanze aus dem Prothallium von Pteris cretica« bei höheren Pflanzen angestellt habe.

Gleich nachdem ich von *Farlow's* Beobachtungen[2]) Kenntniss erhalten hatte, dachte ich mir, dass die vegetative Aussprossung bei den Farnen möglicher Weise in Folge unterbliebener Befruchtung der Archegonien veranlasst sein könnte, dass es mithin versucht werden müsste, die Fortentwicklung der Prothallien zu ermitteln in den Fällen, wo eine Befruchtung ausgeschlossen ist, um einmal zu erfahren, was unter diesen Umständen aus ihnen wird und zugleich die Frage zu prüfen, ob nicht gerade dann eine vegetative Aussprossung der Farnpflanzen hervorgerufen wird. Bei isosporischen Farnen ist es kaum möglich, die Befruchtung mit Sicherheit auszuschliessen, bei den heterosporischen hingegen ist sie durch eine Abtrennung der Micro- und Macrosporen von selbst unmöglich gemacht. Ich projectirte sogleich Salvinia natans, die in hiesigen Klimaten mehrfach vorkommt, als Versuchsobject zu verwenden, und habe schon im Sommer 1874 diesen meinen Gedanken an Dr. *Müller* und Dr. *Prantl* in Würzburg mitgetheilt. Erst im Herbst 1875 gelangte ich durch die Freundlichkeit des Herrn *F. Kurtz* (eines meiner Zuhörer, der mich im October an den Berliner Standort führte), in den Besitz von sporenreifem Material. Im Frühjahr 1876 habe ich mit diesem Materiale viele Versuche ausgeführt. Die isolirten Macrosporen bildeten Prothallien von grosser Ausdehnung; die ersten 3 Archegonien starben ab, und das Prothallium erzeugte fortwachsende neue Archegonien je zu dreien, die unbefruchtet untergingen. Nach langer Cultur, in welcher die sehr ausgedehnten Prothallien schliesslich nicht mehr weiter kamen, starben sie alle ab. In Controlversuchen bei Gegenwart von Microsporen trat ausnahmslos die junge Farnpflanze

---

[1]) *Brefeld*, Ueber copulirende Pilze, Sitzungsbericht der Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin Juli 1875, ferner Entwicklungsgeschichte der Basidiomyceten, Bot. Zeitung 28. Januar 1875.

[2]) *Farlow*, Ueber ungeschlechtliche Erzeugung von Keimpflänzchen an Farn-Prothallien. Botanische Zeitung 1874, Nr. 12.

durch Befruchtung eines Archegoniums auf; eines der 3 ersten Archegonien (die übrigens der Regel nach alle 3 befruchtet wurden), gelangte zur Entwicklung. Da mir aber auch die jungen Farnpflanzen nach mehrmonatlicher Cultur abstarben, so weiss ich nicht, ob nicht vielleicht das schlechte Licht meines Laboratoriums, welches ich nicht besser zu geben vermochte, als das gegenüberstehende 3stöckige Haus es gestattete, die Schuld an dem frühen Untergange trägt. Ich habe darum, die Versuche fortzusetzen, im letzten Herbst ein Vereinbaren mit dem Herrn *Lauche*, Inspector der Gärtnerlehranstalt in Potsdam, getroffen, der alljährlich grosse Salviniapflanzen aus Sporen zieht und durch Erfahrung weiss, wie die Culturen zu halten sind, wenn ihre Entwicklung ungestört fortgehen soll. Ueber die Resultate werden Herr *Lauche* und ich später berichten. — Ich habe diese vorläufigen freilich nur negativen Ergebnisse (1 Jahr nachdem ich sie gewonnen) hier eingefügt, weil Herr Dr. *Pringsheim*, dem ich meinen Gedanken vor dieser Zeit mehrfach mittheilte, ihn besonders hervorgehoben hat[1]) ½ Jahr später, als ich meine ersten Versuche ausgeführt, und weil Herr Dr. *Stahl*[2]) die Geneigtheit besessen hervorzuheben, dass ich die Beobachtungen *Farlow's* (die dieser mir im Separatabdruck sogar zweimal überschickt hat) ignorirt habe, desshalb, weil er sie in einer kurzen vorläufigen Mittheilung nicht citirt fand.

Bei phanerogamischen Pflanzen habe ich den Pollen, also die Microsporen, schon während mehrerer Sommer künstlich cultivirt. Die Pollenkörner keimten in besonders hergerichteten und entsprechend verdünnten Nährlösungen gleich nach der Aussaat leicht und sicher und wuchsen zu Schläuchen von enormer Länge aus. Vergleichende Versuche in blossem Wasser oder in Zuckerlösung zeigten den günstigen Einfluss der Nährlösungen. Die grosse Länge der Schläuche, die mehrere Tage hindurch fortwuchsen, lässt es kaum zweifelhaft erscheinen, dass eine Ernährung durch die Nährlösung stattfand und längere Zeit fortdauerte. So lang aber auch die Schläuche wurden, sie blieben einfache Schläuche, niemals trat eine Verzweigung ein, und in keinem Falle war eine Scheidewand, also eine Gliederung, zu bemerken. Nach Verlauf von 8 Tagen

---

1) *Pringsheim*, vegetative Aussprossung der Moosfrüchte, Berlin, Bericht der Akademie, Juli 1874.

2) *Stahl*, Ueber künstlich hervorgerufene Protonemabildung an dem Sporogonium der Laubmoose. Bot. Zeitung 1876 S. 689.

3) *Brefeld*, Entwickelungsgeschichte der Basidiomyceten, Bot. Zeitung 28. Januar 1876.

gingen die Schläuche unter, die Nahrung war erschöpft, und neuer Zusatz wirkte, wie auch meist bei Pilzmycelien, tödtlich ein. Das Verhalten der Pollenschläuche war aber nach anderer Richtung nicht ganz ohne Werth. Bekanntlich ist man noch im Unklaren oder vielmehr nicht völlig sicher darüber, ob der Pollenschlauch, am Embryosack angekommen, sich an seiner Spitze öffnet, oder den befruchtenden Stoff durch die Membran hindurch auf das Keimbläschen überträgt. Ich denke, wenn es Regel ist, dass der Pollenschlauch sich wirklich öffnet, so müsste er sich hier auch öffnen am Ende seines Wachsthums, uud sein Verhalten unabhängig vom Embryosack wäre nicht gerade ungeeignet, sein Benehmen zu ihm zu verrathen; die Pollenschläuche in den Culturen öffneten sich nun normaler Weise nicht, sie verdickten die Membran an der Spitze, wenn sie aufhörten zu wachsen, und ihre Spitze sah dann genau so aus, wie die eines Pollenschlauches, der bis zum Embryosack vorgedrungen ist.

Wirkungen des Lichtes auf den Coprinus. Die Beobachtungen über die Bedeutung des Lichtes für die Entwickelung des Coprinus, welche ich dem experimentellen Theile meiner Untersuchungen hier beifüge, habe ich merkwürdig genug der Ungunst meiner äussern Verhältnisse allein zu danken. Gleichsam ein Hohn für die Feinheit dieser mycologischen Untersuchungen, denen sich ohnehin Schwierigkeiten unsäglicher Art entgegenstellen, wurde ich genöthigt sie in einem engen Raume auszuführen, der 4 Mal in der Woche zu Unterrichtszwecken, denen er zugleich dient, völlig ausgeräumt werden musste. Die Noth zwang mich, meine Culturen in verschliessbaren zufällig dunklen Schränken vor Unbillen zu schützen. In diesem finstern Aufenthalte gewahrte ich sehr bald an dem Coprinus eine bedeutend veränderte Form. Die Stiele der im Dunklen gewachsenen Fruchtkörper hatten eine sehr beträchtliche Länge erreicht, dahingegen war der Hut klein und schmächtig geblieben; es hatte den Anschein, als ob die Finsterniss das Wachsthum des Stiels begünstige, und das des Hutes dafür in gleichem Grade zurückbliebe.

Um dies genau zu prüfen und daran anschliessend weitergehende Beobachtungen zu machen, ging ich sogleich zu vergleichenden und exacten Versuchen über, bei welchen in einem Falle das Licht zur vollen Wirkung kam, im anderen hingegen seine Mitwirkung völlig ausgeschlossen war. Von den gleichen Sclerotienculturen (im Ganzen werde ich einige Pfunde Sclerotien für die gesammte Untersuchung des Pilzes durch Cultur hergestellt und verwendet

haben) wurde ein Theil ins helle Tageslicht gestellt, ein anderer in den Schränken aufbewahrt und hier noch, um das Licht mit Sicherheit abzuhalten, in zwei völlig übereinander greifende schwarze Pappdeckel gestellt.

Im Eingange dieser Beobachtungen stellte ich Sporenculturen auf ausgekochtem Pferdemist im dunklen Schrank und im Lichte auf. Eine Differenz in der vegetativen Entwicklung der Mycelien, in dem Auftreten der Sclerotien und ihrer Ausbildung stellte sich hierbei nicht heraus. Das Licht ist einflusslos für Mycelien und Sclerotien, seine Wirkung beschränkt sich allein auf die Fruchtkörper. Bei ihnen macht sie sich aber nicht bloss in ihrer Ausbildung bemerkbar, sondern schon für die Anlage selbst erkennbar geltend. Bei hellem Tageslicht waren die Keimungen auf den Sclerotien, die Bildung der Fruchtanlagen aus den Oberflächenzellen der Sclerotien überaus zahlreich, sie verdeckten in dichter Zahl ihre ganze schwarze Oberfläche; hunderte waren auf einmal zu sehen, die sich nach jedem Abwaschen erneuten, von denen aber später nur 1 oder höchstens 2 zugleich die Oberhand gewannen und das Sclerotium entleerten. An den verdunkelten waren die Keimungen nur spärlich und vereinzelt, und wiewohl die wenigen angelegten Fruchtkörper vergeilten, und die Sclerotien fest und inhaltsreich blieben, stand doch sehr bald die Bildung neuer Anlagen still, und der Stillstand dauerte fort, so lange die Finsterniss währte. In der Länge der Zeit starben im Innern der Sclerotien viele Zellen ab; sie wurden hier schwarz oder braun, und nach einem Jahre ununterbrochener Cultur im Finstern waren alle Zellen braun und todt. Um ganz sicher zu sein, dass sich hierin die Wirkung der Finsterniss, des Lichtmangels geltend mache, habe ich die inactiv gewordenen Sclerotien, ehe sie abgestorben waren, dem Lichte ausgesetzt. Sie kamen dann in der Länge der Zeit alle wieder zum Aussprossen; aber die Zeit, bis dies eintrat, währte um so länger, je länger vorher die Verdunkelung ausgedehnt war, und so reiche Sprossungen, wie sie aus einem unverdunkelten normalen Sclerotium hervorkamen, traten niemals mehr auf, meist nur eine, seltener schon 2 oder 3 zugleich.

Diese erste Erfahrung, dass das Austreiben der Sclerotien vom Lichte wesentlich gefördert wird, machte ich mir für die weiteren Beobachtungen zu Nutzen. Ich liess die Keimung bei genügender Beleuchtung eintreten, und schloss erst dann, wenn die Sclerotien über und über mit jungen Fruchtanlagen bedeckt waren, das Licht aus. Während nun im Lichte unter

den vielen Fruchtanlagen sonst nur eine oder zwei zur vollen Entwicklung gelangten, die übrigen verkümmerten, kamen hier alle zu verhältnissmässiger Entwicklung. Die Fig. 9 u. 10, Taf. VII zeigen, wie die Sclerotien ganz mit Fruchtkörpern bedeckt sind, deren Stiele hier schon eine bedeutende Länge erreicht haben; es kommen hundert und mehr Fruchtkörper auf einem Sclerotium je nach seiner Grösse zum Austreiben. Diese massenhafte gleichzeitige Entwicklung der Fruchtkörper hat darin ihren Grund, dass sie in der Finsterniss bedeutend verzögert wird, und in Folge dessen eine Ungleichheit in der Förderung der einzelnen nicht in dem Grade Platz greifen kann wie sonst, ein Ueberholen einzelner und ein Verkümmern anderer zu Gunsten dieser einzelnen vermieden wird. Sie erreichen zu einem Theil innerhalb entsprechender Zeit eine fast gleiche Entwicklungshöhe, nur der Stiel ist bei dem einen länger als bei dem anderen, und später in's Licht übertragen, reifen die meisten zu kleinen, aber normalen Fruchtkörpern heran.

Diese Verzögerung der Entwicklung der Fruchtkörper bei Ausschluss des Lichtes ist eine sehr bedeutende. Wo es einwirkt, beträgt die Dauer der Entwicklung von der ersten Anlage bis zum Verjauchen des Hutes 8—9 Tage; im Finstern hingegen ist die Anlage des Hutes noch nicht einmal beendigt in der gleichen Zeit, es vergehen Tage und Wochen, und ein Fortschritt ist kaum bemerkbar. Die Verzögerung betrifft vorzugsweise den Hut, und im Gegensatz hierzu ist der Stiel in der Finsterniss sogar entschieden gefördert. Daher kommt es, dass die dunkel gehaltenen Fruchtkörper sehr bald ein fremdartiges Ansehen annehmen, so abweichend von den normalen im Lichte entwickelten, dass Niemand glauben würde, der beide zusammensieht, dass sie Formen ein und desselben Pilzes sind.

Im Lichte ist der Hut, zwar später angelegt als der Stiel, doch zuerst mächtig gefördert, der Stiel bleibt kurz bis zur Vollendung der Sporenreife im Hute, um diesen dann durch schnelle Streckung für den Act des Sporenwerfens emporzuheben (Fig. 8 u. 9, Taf. II, und Fig. 1, Taf. III). Im Finstern hingegen findet das Umgekehrte statt, jetzt bleibt der Hut zurück und der Stiel wächst aus ohne Beziehung zur Entwicklung des Hutes, die er sonst gehorsam abwartet, seinem Dienste unterordnet (Taf. VII, Fig. 9 u. 10 und Taf. III, Fig. 2, 4 u. 5). Dies Wachsthum des Stieles im Finstern geschieht durch fortdauernde Zelltheilung im Gipfel des

Stieles und durch Streckung der neugebildeten Zellen unterhalb der Theilungszone. Die Theilungen dauern immer nur in den oberen der durch Theilung gebildeten Tochterzellen fort, während gleichzeitig die unteren sich zur Länge der ausgewachsenen Stielzellen strecken (Taf. IV, Fig. 2 u. 3). Es sind dies die Vorgänge, welche das Wachsthum des Stieles überhaupt vermitteln, Vorgänge, die hier im Finstern sogleich energisch eintreten und unbegrenzt fortdauern, so lange als das Licht ausgeschlossen bleibt, während sie im Lichte bis zur Sporenreife im Hute verschoben werden.

Die Vergeilungen der Fruchtkörper erreichen im Laufe von Wochen und Monaten eine bedeutende Länge (Taf. III, Fig. 5 und Taf. VII, Fig. 9 u. 10); Stiele über mehr als 2 Fuss Ausdehnung sind keine Seltenheit. Sie bleiben dünn und schmächtig, nehmen nur allmählich nach oben etwas grösseren Umfang an, der aber immerhin hinter der Dicke normaler Stiele zurückbleibt. Auf Längsschnitten erkennt man mit völliger Klarheit im Gipfel des vergeilten Stieles die cambiale Theilungszone und wenig Merkzeichen mit Tusche genügen, auch äusserlich zu bestimmen, dass die Neubildungen und die Streckung der neugebildeten Elemente nur im oberen Theile des Stieles stattfinden. Die Länge des Stieles scheint über einen gewissen Punkt, 2—3 Fuss, nicht hinauszugehen; es dürfte die gesteigerte Entfernung der wachsenden Spitze von der Nahrungsquelle, vom Sclerotium, also Schwierigkeiten der Ernährung, die natürliche Grenze für den endlichen Stillstand der mit zunehmender Länge immer schwächer werdenden Entwicklung an der Spitze bilden.

Während aber im Gipfel die Thätigkeit langsam erlischt, beginnen an andern tieferen Stellen Neubildungen am Stiele. Die peripherischen Stielzellen sprossen an beliebigen Stellen hyphenartig aus, und diese Hyphensprosse bilden neue Fruchtanlagen, denen gleich, die durch äussere Eingriffe, nach dem Abschneiden des Hutes auf der Schnittfläche, entstehen. Sie beginnen vom ersten Anfange wie Fruchtanlagen am Mycelium aus vegetativen Hyphensprossen, der Unterschied ist nur der, dass statt der Mycelzelle hier eine Stielzelle des Fruchtkörpers die Aussprossungen bildet. Die Zahl dieser secundären Fruchtanlagen ist verschieden. Sie entstehen bald vereinzelt in einiger Entfernung von einander (Taf. III, Fig. 3 u. 4 und Taf. VII, Fig. 10_s), bald in grosser Zahl dicht zusammen. Auch sie wachsen zu verschiedener Länge heran, indem ihr Stiel abermals vergeilt, sie sind noch weniger üppig als die

primären Fruchtstiele, welche sie tragen, und nehmen meist eine rechtwinkelige Stellung zu diesen ein. Sobald mit zunehmender Länge auch hier das Wachsthum an der Spitze aufhört, beginnt der Träger wiederum auszuwachsen und sich mit neuen Fruchtanlagen zu bedecken (Taf. III, Fig. 4). Diese vergeilen abermals und sprossen dann weiter aus. So geht die Sache fort bis zu 6 consecutiven Generationen von Fruchtkörpern, die auseinander hervorsprossen und Systeme der wunderbarsten Art darstellen. Von den secundären Sprossungen ist in der Länge der Zeit häufig diejenige am meisten gefördert, die der Nahrungsquelle am nächsten ist, die also am tiefsten steht, wenn auch anfangs vielleicht früher und höher angelegte überwiegen; dass dies aber nicht immer zutrifft, beweist die Figur 4.

Ich habe die Stiele gemessen, die aus einem Sclerotium in allen Sprossgenerationen gewachsen waren, und es kam die bemerkenswerthe Länge von mehr als 4 Fuss heraus. Diese monströsen Bildungen spotten der Wiedergabe in dem engen Rahmen der bildlichen Darstellung, für die ich nur die erwähnten Figuren in kleinen bescheidenen Verhältnissen ausgewählt habe. Die Sprossgenerationen höherer Ordnung werden immer schmächtiger und dünner, sie werden endlich so fein, wie ein Faden. Ihre Elemente selbst sind auf die möglichst bescheidene Zahl zurückgegangen, und so wenige, dass sich der Aufbau des Fruchtkörpers aus ihnen leicht und sicher übersehen lässt; dabei entwickeln sich diese wenigen Elemente so langsam, dass man die feinsten Uebergänge zu Gesicht bekommt, dass alle Stadien der Hutentwicklung auf den feinen langgestreckten Stielen der klarsten Beobachtung offen liegen (Taf. IV, Fig. 2 u. 3 und Taf. VIII, Fig. 7—11). Bereits früher habe ich dieses günstigen Umstandes gedacht und für die Darlegung der Entwicklungsgeschichte auf die aus diesen Untersuchungen gewonnenen Fig. 2 u. 3 der Taf. IV hingewiesen.

Was vordem im Wege gewaltsamer künstlicher Eingriffe möglich gemacht wurde, die vegetative Aussprossung der Fruchtkörper, und was in dieser Weise für 5 Generationen in consecutiver Folge fortgesetzt werden konnte (Taf. III, Fig. 4—12), — ebendies bewirkt die Entziehung des Lichtes mühelos von selbst in idealer Schönheit. In diesem Sinne wirkt der Lichtmangel wie ein mechanischer Eingriff; durch den mechanischen Eingriff wurde früher der Hut, der erste Hauptbildungsheerd des Pilzes, entfernt, ohne Licht kommt er von selbst nicht zur Entwicklung. Wir haben also in beiden Fällen dasselbe nur in anderer Form,

und darum sind in beiden Fällen die secundären Wirkungen dieselben: es werden für den abgeschnittenen oder im dunklen verkrüppelten Hut neue Fruchtanlagen an beliebigen Stellen gebildet. Mehrmals gelang es mir auch hier durch sorgfältige Entfernung der Fruchtanlagen am Stiel den Hut selbst zum Aussprossen zu bringen, ein Dutzend Fruchtanlagen aus ihm hervorwachsen zu sehen, die von den eben angelegten Lamellen entsprangen und bei der erneuten Einwirkung des Lichtes auch zur Fructification kamen.

Der Stiel vergeilt durch die Entziehung des Lichtes und das beschleunigte und geförderte Wachsthum des Stieles nimmt die Nährstoffe für sich in Anspruch, die sonst der Hutanlage zufliessen; es ist, als ob sie unterwegs aufgehalten würden, ehe sie zum Hute gelangen. Und was dem Stiele zu Gute kommt, das geht dem Hut verloren, er verkümmert, während der Stiel sich verlängert in dem Maasse, als dies geschieht. Die Anlage des Hutes gelangt bis zu verschiedenen Stadien der Entwicklung, die ich in den citirten Figuren dargestellt habe. Es werden die Lamellen angelegt und bis zu verschiedener Länge am Hutrande fortgebildet; sie hören auf zu wachsen, wenn keine Nahrung mehr bis in den Gipfel des Stieles gelangt, oder wenn der Stiel Alles für sich in Anspruch nimmt.

An den vergeilten Fruchtkörpern, an ihren langen Stielen, an der mangelhaften Hutausbildung und der verzögerten Entwicklung im Allgemeinen haben wir den Einfluss der Finsterniss; ein Vergleich dieser abnormen Bildungen mit normalen Fruchtkörpern ergiebt die Wirkungen des Lichtes von selbst. Um aber die Beobachtungen fehlerfrei zu machen, ist es nothwendig diese Wirkungen des Lichtes an den vergeilten Objecten selbst zur Geltung zu bringen. Ich suchte hierfür die allerverschiedensten Entwicklungszustände aus, sowohl von primären vergeilten Fruchtkörpern in verschiedenen Längen, als von solchen, die weitere Sprossgenerationen von abweichender Länge getrieben hatten, und exponirte sie dem Lichte[1]). Die Wirkung war eine unmittelbare und in allen Fällen dieselbe. Während im Finstern Wochen und Monate hindurch die Fruchtanlagen vergeilend dahinsiechten, begann unter dem Einflusse des Lichtes, vom Momente seiner Einwirkung an, die Entwicklung eine normale

---

[1]) Mehrmals ist es mir auch hier, wie bei den Sprossgenerationen durch Abschneiden des Hutes gelungen, 2—4 Fruchtkörper verschiedener Sprossgenerationen an einem aus dem Sclerotium keimenden primären Fruchtkörper zur vollen Entwicklung zu bringen.

zu werden. Der Stiel hörte auf sich zu verlängern, und der Hut fing an sich zu dehnen; die Neuanlagen im Hute wurden beendigt, und dann begann seine Streckung. Nach 4—5 Tagen hatte der Hut die Sporenreife erlangt, es streckte sich der Stiel und die Sporenentleerung erfolgte normal. Die beschleunigte Wirkung der sämmtlichen Wachsthumsvorgänge erhellte schon am nächsten Tage aus der Zunahme des Hutes und namentlich auch aus dem Dickenwachsthum des Stieles. Sie war natürlich dort am auffälligsten, wo durch die Finsterniss die Hutanlage am kleinsten geblieben, der Stiel sich zu dem möglichsten Grade der Feinheit verjüngt hatte. Der letztere hatte mitunter die 5—10fache Dicke erreicht, und hob sich als eine monströse Anschwellung von dem dünnen Theile so jäh als möglich ab (Taf. III, Fig. 4).

Da die Wirkung des Lichtes eine so schnelle und unmittelbare war, schien es mir nicht ohne Interesse, die Zeitdauer seiner Einwirkung näher zu begrenzen, die nothwendig ist, die Entwicklung herbeizuführen. Ich exponirte darum vergeilte Fruchtkörper in Differenzen von 2 zu 2 Stunden dem Lichte und fand so, dass eine eintägige Einwirkung von 12—16 Stunden Licht genügt, um dann auch im Finstern die weitere Entwicklung zu ermöglichen. In den Figuren 4*a* u. *b* habe ich die unmittelbare Wirkung des Lichtes dargestellt; in keiner von beiden ist im Lichte die ursprüngliche Fruchtanlage der ersten Axe vollendet, sondern eine Seitenaxe zweiten Grades ausgebildet worden, während die ersten und zweiten Fruchtanlagen nicht mehr zur Ausbildung kamen. Die übrigen Figuren der Tafel stellen die möglichen Verschiedenheiten in den Stiellängen dar, die, je nach der Beleuchtung, schon während der Hutausbildung ganz abweichend ausfallen. Im Sommer bei den langen hellen Tagen ist der Stiel so kurz, dass man ihn unter dem ausgebildeten Hute vor der Streckung nicht sehen kann, im Winter unter dem Einflusse der dunklen kurzen Tage werden die Stiele erheblich länger, und darnach ist das Aussehen des Fruchtkörpers ein mehr oder minder abweichendes.

Ganz zufällig hatte ich vor meiner Abreise in die Herbstferien im August grosse Culturen zur Gewinnung von Sclerotien angesetzt, die nach meiner Rückkehr für etwaige ergänzende Versuche dienen sollten. Diese Culturen blieben im finsteren verschlossenen Schranke bis zum Februar des nächsten Jahres unverändert stehen. Als ich sie dann besah, hatten die im Innern des Mistes gebildeten Sclerotien Fruchtanlagen ausgetrieben, die in ganz enormer Länge den

leeren Raum der Krystallisirschalen zwischen Mist und Glasdeckel erfüllten. Es hatten sich Sprossgenerationen an allen Stellen gebildet, die ich mehrfach aus dem Gewirr bis zur 6. Generation mit Sicherheit verfolgt habe; nicht ein Hut war zur Entwicklung gekommen, die meisten waren welk und hinfällig geworden. In der letzten Zeit waren keine neuen Fruchtanlagen (dies konnte aus ihrer Farbe und ihrem Aussehen mit Sicherheit geschlossen werden) mehr angelegt worden, dafür aber wuchsen aus den Stielen der vergeilten Fruchtkörper nunmehr statt Fruchtanlagen Sclerotien aus. Sie entstanden an den Stellen, wo früher die Fruchtanlagen gebildet wurden, und bauten sich aus vegetativen Sprossungen auf, welche aus den Oberflächenzellen des Stieles entsprangen (Taf. VIII, Fig. 12—14). Oefter bedeckte eine ganze Reihe junger Anlagen den Fruchtkörper, aus denen bereits eine durch Grösse hervorragte. Sobald sie weiter entwickelt war, vertrockneten die übrigen, und, dem Reifezustande nahe, war nur mehr die Hauptanlage zu erkennen, als ob sie die einzige gewesen wäre, welche angelegt wurde. Die Sclerotien erreichten zum Theil eine beträchtliche Dicke und unterschieden sich in nichts von den Bildungen, die auf den Mycelien entstehen. Hauptaxen und Sprossgenerationen verschiedenen Grades waren der Ort ihrer Bildung; am dicksten waren diejenigen, die aus Fruchtstielen wuchsen, welche mit sehr grossen Muttersclerotien zusammenhingen. Diese waren leer und hohl und hatten ihre Nährstoffe durch die Generationen von verkrüppelten Fruchtkörpern hindurch in eine unmittelbar aus diesen erzeugte Sclerotiengeneration entleert. In einer Cultur waren die Bildungen allgemein, fast an jedem vergeilten Fruchtkörper zu finden. Die Sclerotien waren gleichsam aus dem Innern des Mistes durch die Fruchtkörper an die Oberfläche gewandert; hier waren sie frisch und kräftig, im Miste sämmtlich erschöpft und hohl. Die neuen, aus Fruchtkörpern gewachsenen Sclerotien keimten sofort, als Licht und Feuchtigkeit die Keimung begünstigten, sie keimten am alten Fruchtkörper zu neuen aus (Taf. VIII, Fig. 14), bedeckten sich ganz mit Fruchtanlagen und erneuten sie nach jedem Abwischen. Ich liess einzelne von ihnen vergeilen und erzeugte durch Köpfen wiederum 3 consecutive Fruchtkörpergenerationen durch Sprossung[1]).

[1]) An diesen alten Culturen kamen schliesslich die letzten Generationen von Fruchtanlagen und auch von Sclerotien nicht mehr aus den Oberflächenzellen des Stieles, sondern aus den mehr nach innen gelegenen Zellen des Stielgewebes; die peripherischen Zellen des Stieles waren einge-

Der Entwicklungsgang des Coprinus, von der Finsterniss erleuchtet, verlief demnach im speciellen Falle folgender Art: Auf den Mycelien bildeten sich Sclerotien, aus den Sclerotien viele consecutive Generationen von Fruchtkörpern ohne Mycelium, dann aus den Fruchtkörpern wieder ohne Mycelien Sclerotien, und aus dieser zweiten (erst nach vielen Fruchtkörpergenerationen mycelienlos erzeugten) Sclerotiengeneration wiederum 3 consecutive aus einander entstehende Fruchtkörpergenerationen ohne Mycelium. Ich denke hiernach könnte es auch dem treuesten Anhänger der Sexualität der Basidiomyceten wohl etwas ungeschlechtlich zu Muthe werden.

Nach dem Ausgange sämmtlicher Versuche, welche ich hier angeführt habe, sind wir völlig berechtigt, dem Lichte nicht bloss eine grosse Bedeutung für die Entwicklung des Coprinus stercorarius zuzuschreiben, sondern seine Mitwirkung als nothwendig anzunehmen. Und doch würde es übereilt und unrichtig sein, einen solchen Schluss auch aus der Summe übereinstimmender Resultate zu ziehen.

Es spielt bei den Versuchen noch ein anderer Factor eine Rolle, nämlich die Wärme, und wir kommen zu falschen Deutungen, so lange wir ihn nicht mit in Rechnung ziehen. Ich selbst hatte bereits die feste Ansicht gewonnen, dass der Coprinus ohne Licht völlig vergeilt und sein Hut nicht zur Sporenreife gelangt, als weitere Versuche in der wärmeren Zeit des Sommers mich eines anderen belehrten. In der kälteren Jahreszeit, so lange die Temperatur unter 15^0 blieb und während der langen Nächte tiefer unter diese Zahl herabsank, vergeilten alle Fruchtkörper, und der rudimentär gebliebene Hut starb auf den enorm langen Stielen nach monatelangem kläglichen Dahinsiechen ohne Ausnahme ab. Mit dem Eintritt der wärmeren Jahreszeit änderte sich die Sache. Die Entwicklung wurde durch die Wärme beschleunigt; der Stiel vergeilte, wuchs nur viel schneller als früher, der Hut indessen blieb zwar an seinem Wachsthum sehr bedeutend gegen beleuchtete Fruchtkörper zurück, kam aber trotz langsamer Entwicklung schliesslich zur Sporenreife und zur vollen Entfaltung. Die Zeit währte bis zum Verblühen 20—25 Tage, mehr als doppelt, fast 3 mal so lange, wie bei beleuchteten Fruchtkörpern. Die Sporen des Pilzes

---

trocknet und wurden von den Sprossungen durchbrochen, die aus dem innern Gewebe angelegt wurden.

waren keimfähig; nur sein enorm langer Stiel unterschied ihn vor der normalen beleuchteten Form. Die Wärme muss aber gleich bei der Keimung schon mitwirken, so dass die Vergeilung des Stiels und die Retardirung des Hutes nicht zu weit hinausgeschoben werden, wenn diese Versuche im Finstern gelingen sollen. Ist einmal die Vergeilung zu weit gefördert, der Stiel zu lang geworden und der Hut zu klein geblieben, so nützt auch die Wärme nichts mehr, die Theilungszone des Stiels verzehrt alle aus dem Sclerotium zufliessenden Nährstoffe, und der Hut bekommt nichts oder unendlich wenig mit.

Die Wärme vermag also die Functionen des Lichtes bis zu einem gewissen Grade zu ersetzen, wenn dieses ausgeschlossen wird; es kann sogar durch mässige Steigerung der Temperatur, durch ihre gleichmässige Einwirkung die eben angeführte Dauer der Entwicklung im Finstern noch etwas weiter verkürzt werden. Bei der Verfinsterung wird immer zuerst der Hut nachtheilig betroffen, und je mehr er zurücktritt, der Stiel gefördert; bei einer Temperatur über 15° kommt der Hut im Finstern zur Ausbildung auf stark vergeiltem Stiele. Durch Herabstimmen der Temperatur vergeilt der Stiel im Finstern um so stärker, je mehr der Hut in der Entwicklung zurückbleibt. Dies führt zu einem Punkte, wo nur mehr der Stiel wächst, und der Hut in den ersten Rudimenten, in kaum erkennbarer Anlage verbleibt; schliesslich hört auch der immer schmächtiger werdende Stiel zu wachsen auf.

Zur Ergänzung will ich noch kurz bemerken, dass die vergeilenden Stiele gegen die schwächste Lichtquelle empfindlich sind und sich dieser zuneigen, die Stiele sind positiv heliotropisch. Bei stark beleuchteten Fruchtkörpern bleibt der Stiel ganz vom Hute verdeckt, so dass die Wirkung des Lichtes verhindert wird und darum nicht in die Erscheinung tritt, sie ist nur an vergeilten Fruchtkörpern zu beobachten, bei denen die verkümmerte Hutanlage nicht die Wachsthumszone des Stieles, die allein lichtempfindlich ist, verdeckt. Der Hut selbst wächst allseitig gleichmässig im Finstern wie im Lichte.

Welche Lichtstrahlen sind nun für die Entwicklung des Coprinus die wirksamen? Nach allen seitherigen Erfahrungen, welche über den Einfluss des Lichtes auf die Wachsthumsvorgänge bei anderen Pflanzen vorliegen, konnte es von vornherein kaum zweifelhaft sein, dass auch hier die stark brechbaren violetten Strahlen die wirksamen sind. Es bedurfte aber des directen Versuches dies zu erweisen.

Es wurden zu diesem Zwecke mehrmals hintereinander 3 Versuche gleichzeitig mit demselben Materiale und an derselben Stelle ausgeführt. Einmal wurden die Sclerotien in schwarze Pappdeckel gestellt und ganz vom Lichte abgeschlossen, das andere Mal mit doppelwandigen Glocken allseitig überdeckt, deren Zwischenräume hier mit Lösungen von doppeltchromsaurem Kali, dort mit Kupferoxydammoniak gefüllt waren und entweder nur violettes oder nur gelbes Licht, wie ich mich sprectroskopisch überzeugte, durchliessen. — Die Wirkungen machten sich sofort geltend. Die Selerotien im gelben Lichte zeigten, wie die im Finstern gehaltenen, Vergeilungen aller auskeimenden Fruchtanlagen; im violetten Lichte dagegen waren diese normal, wie diejenigen, welche in Parallelversuchen im Tageslichte wuchsen. Demnach stehen die normalen Wachsthumsvorgänge des Coprinus unter dem Einflusse der violetten Lichtstrahlen.

Coprinus lagopus.

Als zweite Form der Gattung Coprinus habe ich den Coprinus lagopus[1]) für die Untersuchung gewählt. Dieser Coprinus ist eine sehr häufige Erscheinung auf Pferdemist; kaum jemals habe ich ihn an diesem Standorte vergeblich gesucht. In seiner äussern Erscheinung variirt der Pilz mannichfach. Die grössere oder geringere Ueppigkeit der Entwicklung gibt ihm ein anderes Gepräge, und erschwert das Wiedererkennen desselben in grossen und kleinen Fruchtkörpern (Taf. VI, Fig. 1 *a—f*). In jugendlichen Stadien mit noch ungestrecktem kurzen Stiele ist der Pilz vollkommen weiss, der Hut etwas heller wie der Stiel, welcher durchsichtig erscheint. Hut und Stiel sind mit einer Volva versehen. Sie ist dicht, aus büschelig gestellten Haaren bestehend, vom Gipfel des Hutes nach unten wird sie dünner, und geht am Stiel in eine fadige Bekleidung über (Fig. 1 *a*). Durch die Ausbildung der Huthaut, die sehr früh eintritt, wird die Volva abgestossen und durch die Streckung im Hute in einzelne, an den Spitzen meist rückwärts gekrümmte Hyphenbüschel zerrissen, die später abfallen (Fig. 1 *c—f*). Wenn die Sporen gereift sind, hat der Hut Glockenform angenommen und löst sich mit der Aufspannung ohne Velum vom Stiele. Er sieht fast schwarz aus von den durchscheinenden sehr dunklen Sporen. Durch die Streckung des Stiels, der innen hohl ist, erreicht der Pilz eine Höhe bis zu 7 Zoll; kleine Exemplare haben nur 1 bis 2 zöllige Stiele und dementsprechend winzige Hütchen (Fig. 1 *d*, *g*, *f*). In Culturen bei üppigster Ernährung

---

[1]) Dies ist derselbe Coprinus, den *Reess* untersucht hat, an welchem er die Sexualität der Basidiomyceten entdeckt zu haben glaubte.

wird der ungespannte Hut bis zu einem Zoll lang; dahingegen bleibt der Stiel kürzer, und nimmt durch Vermehrung der Elemente an der Basis ein knollenförmiges oder scheibenförmiges Ansehen an, so lange er die hierdurch beeinträchtigte ungleich geringere Streckung noch nicht vollzogen hat (Fig. 1*c*, *b*). Bei mangelhaftem Lichte werden die positiv heliotropischen Stiele durch Vergeilung erheblich länger und erhalten eine sehr reiche Haarbekleidung; hierdurch entsteht eine gewisse Aehnlichkeit mit einem Hasenfuss.

Die verhältnissmässig grossen fast schwarzen Sporen (von 0,017 Mm. Länge und 0,01 Mm. Breite) keimen in Mistdecoct sogleich mit nie fehlender Sicherheit aus. Die Austrittstelle des Keimschlauchs ist einseitig apical, der wahrscheinlich vorhandene Keimporus aber wegen zu starker Membranfärbung nicht deutlich sichtbar. Durch frühe Verzweigung werden aus dem Keimschlauche kleine, an dichtem Inhalte reiche Mycelien gebildet. Sie sind zunächst einzellig[1]) und ohne Scheidewände und lassen darum irgend eine Regelmässigkeit in der Zweigbildung nicht erkennen. Sobald die Mycelien grösser werden, kommen Scheidewände zum Vorschein und von nun an wird eine Verzweigung der an der Spitze wachsenden Endzelle und eine Seitenzweigbildung aus den Gliederzellen unterscheidbar. Die Mycelien sind denen des Coprinus stercorarius ähnlich, nur in den Fäden zarter und im Inhalte heller. Verschmelzungen der Fäden durch Fusion habe ich an jungen Mycelien nicht wahrgenommen, sie gehören, wenn sie vorkommen, zu den Ausnahmen.

Nach Ablauf von 4 bis 5 Tagen werden einzelne Mycelfäden durch reiche Seitenzweigbildung, die unregelmässig adventiv erfolgt, besonders auffällig, dies um so mehr, als diese Seitenzweige früh in die Länge zu wachsen aufhören, an den Spitzen keulig anschwellen und einen dichten reichen Inhalt führen. Ich habe diese Veränderungen an den Mycelien mitunter ihrer ganzen Ausdehnung nach sowohl an den Hauptenden wie an den Seitenzweigen wahrgenommen, während sie der Regel nach mehr vereinzelt und nur an Seitenzweigen, oft sogar nur an einzelnen Stellen der Mycelien auftreten (Taf. VI, Fig. 2). An den einzellig keuligen Fadenenden werden, sobald sie apical zu wachsen aufhören,

---

[1]) Sollte vielleicht in den anfangs in den jungen Mycelien mangelnden Scheidewänden und ihrem späteren Auftreten eine Andeutung dafür gegeben sein, dass sich diese Pilze aus Formen entwickelt haben, deren Mycelien einzellig (niedere Pilze) waren?

neue Wachsthumsvorgänge sichtbar. Es erheben sich an der Spitze und an den Seiten, in gemessenen Abständen von einander, feine Ausstülpungen. Sie stehen an den einzelnen Stellen dicht in Büscheln zusammen, und wachsen zu kleinen cylindrischen Stäbchen (Fig. 4 a_3) heran. Fast in gleicher Höhe stehen sie still und werden durch Scheidewände vom Tragfaden abgeschieden. Dieser hat seinen Inhalt in die Stäbchen entleert, und ist nur noch mit wässerigem schaumigen Plasma erfüllt. Scheidewände, die erst später entstehen, theilen ihn in einzelne Etagen ein, die je einen Büschel von Stäbchen tragen (Fig. 4a_2). Darauf zergliedern sich die Stäbchen und ihre Gliedertheile fallen ab (Fig. 4 *c* u. *d*). Die Tragfäden der Stäbchen sind der Regel nach unverzweigt, es kommen aber auch verzweigte Formen vor. Sie welken nach dem Abfallen der Stäbchen häufig ab und gehen unter (Fig. *b*). Die Zahl der Stäbchen, welche sie erzeugen, ist sehr verschieden. Wenn sie in grosser Menge zusammenstehen, bildet der Tragfaden an dieser Stelle eine consolenartige Ausbuchtung, die später noch die Insertionsnarben an sich trägt. Die Tragfäden der Stäbchen, die Fruchtträgern ähnlich sehen, werden bald unter Flüssigkeit gebildet und reifen die Stäbchen in dieser, bald erheben sie sich über die Nährlösung. Sie werden hier kenntlich durch Thautröpfchen, welche die zerfallenen Stäbchen zu Scheinsporangien verschmelzen und später mit ihnen abfliessen.

Die zergliederten Stäbchen haben ihrer Bildung nach den Werth von Fortpflanzungszellen und der Umstand, dass ihre Träger nach der Ausbildung der Stäbchen häufig abwelken, gibt uns einige Berechtigung, diese Träger als Fruchtträger aufzufassen, welche von einem bestimmten Zeitabschnitte an zum Zwecke der Erzeugung der Stäbchen von den Mycelien angelegt werden. Durch ihre ziemlich bestimmt ausgeprägte Form und durch ihren Umfang sind sie von den dünneren Mycelfäden (Fig. 4 *a* u. $b_{1 \text{ u. } 2}$) der Regel nach leicht zu unterscheiden, zumal wenn die Mycelien besonders fruchtbar an Fruchtträgern sind. Dies ist mehr bei kleinen wenig ernährten Mycelien zutreffend, als bei ausserordentlich üppigen. Es hat den Anschein, als ob hier die Bildung der Fruchtträger zurückträte, sowohl in der Masse wie in der Form. Die Stäbchen entstehen dann auf ausserordentlich kurzen Ausstülpungen der Mycelfäden und hier nur auf den Spitzen; eine Unterscheidung von Fruchtträgern an den Mycelien ist also nicht möglich, sie wird auch in anderen Fällen erschwert, wo die Mycelfäden so stark sind, dass die Fruchtträger nicht gegen sie auffallen. Wir würden

dann sagen können, die Stäbchen entstehen direct an den Fäden der Mycelien (Fig. $3_{1 \text{ u. } 2}$).

Die Masse der Stäbchen, welche an reichlich fructificirenden Mycelien gebildet werden, ist ganz enorm, sie machen den Culturtropfen trübe und verdecken die Mycelfäden, welche in ihm verlaufen[1]). Ihre Bildung dauert nach dem ersten Auftreten noch 3—4 Tage fort, dann hört sie allmählich auf. Die Fruchtträger werden an den fortwachsenden Mycelenden neu erzeugt, oder wenn die Spitze selbst zum Fruchtträger wird, so entstehen neue adventive Axen, welche die weitere Ausbreitung der Mycelien übernehmen.

Die gegliederten Stäbchen haben eine verschiedene Länge, von 0,006—0,009 Mm. und eine Breite von 0,009 Mm., sind also äusserst klein, nicht gar viel grösser als grosse Bacterien. Sie besitzen eine glatte farblose Membran und einen körnigen Inhalt, der sich an beiden Enden häufig etwas aufhellt und dann hier ein oder mehrere grössere Körnchen erkennen lässt (Fig. 4*c* u. *d*). Die Masse der abgefallenen Stäbchenzellen liegt unthätig ohne zn keimen am Boden des Culturtropfens zu einer Zeit, wo die Mycelien noch im lebhaften Wachsthum begriffen, wo alle Nährstoffe zur Keimung in genügender Menge im Culturtropfen vorhanden sind. Die Keimung gelingt ebensowenig, wenn man die Stäbchen gleich nach ihrer Bildung oder auch später in neue Nährlösung aussäet, mag diese concentrirt oder in jeglicher Variation verdünnt sein. Führt man aber diese Versuche so aus, dass man die Muttermycelien entfernt und die Stäbchen von ihnen in einem Tropfen neuer Nährlösung abschüttelt, dann trennen sich immer einzelne Theile der Fruchtträger ab und gelangen mit in die Cultur. Diese Theile der Fruchtträger nun wachsen sofort zu neuen Mycelien aus und tragen an den Stellen, wo sie neu auskeimen, noch theilweise die Stäbchen, welche sie vordem erzeugten, auf ihrem Rücken. Unterlässt man es, die Culturen genau zu prüfen, so kann man aufs leichteste zu einem groben Beobachtungsfehler kommen und die Erscheinungen so auffassen, als ob die Stäbchen gekeimt hätten. Ich habe aus dem vorzüglichsten Materiale in einer An-

---

[1]) Nach der massenhaften Bildung der Stäbchen sollte man mit Bestimmtheit vermuthen, dass die Pflanze sie nicht zwecklos erzeugte, dass sie entweder der Vermehrung dienen müssten, oder dass sie eine sexuelle Bedeutung hätten, als männliche Organe mit der Bildung der Fruchtkörper im Zusammenhange ständen. Aber weder das eine noch das andere ist hier der Fall, wie die weiteren Beobachtungen lehren werden.

zahl von Versuchen niemals eine Mycelbildung aus den Stäbchen beobachtet. Nur wenn die Culturen 8—14 Tage gestanden hatten, in welcher Zeit die Stäbchen äusserlich unverändert blieben, zeigten unter Tausenden ganz vereinzelte eine geringe, bald einseitige gerade bald beiderseitige schiefe Verlängerung. Ueber die in Fig. 4*e* gezeichnete Ausdehnung ist diese nie, auch später nie hinaus gekommen; ich möchte wohl glauben, dass dies Keimungserscheinungen sind. Verschmelzungen von zwei Stäbchen durch Anastomosen und Verschmelzungen der Stäbchen mit Mycelfäden habe ich nicht beobachten können.

Die Stäbchen sind meiner Auffassung nach rudimentäre Organe, nicht mehr keimfähige Conidien. Sie sind beim Coprinus stercorarius aus dem Entwicklungsgange bereits verschwunden; es kam in den Tausenden von Culturen, welche ich gemacht habe, nicht eine Spur von ihnen zum Vorschein. Auch beim Coprinus lagopus treten sie mitunter gar nicht, dann spärlich und je nach Umständen massenhaft an wohl ausgebildeten Fruchtkörpern auf. Bei anderen Coprinusarten, die wir demnächst kennen lernen werden, sind sie seltene Bildungen, ebenso bei verschiedenen Agaricinen und andern Basidiomycetentypen. Sie keimen auch hier niemals, nur bei Tremellinen (Taf. VIII, Fig. 6) keimen sie leicht und sicher, hier besitzen sie noch den Werth von Conidien, den sie anderswo eingebüsst zu haben scheinen, ehe sie, wie bei vielen Basidiomyceten, aus dem Entwicklungsgange verschwunden sind.

Ich führe den späteren Mittheilungen vorgreifend, diese Einzelheiten bereits hier an, um die Bedeutung dieser Organe klar zu legen. Sie sind neuerdings von *Reess* und *van Tieghem* als männliche Geschlechtszellen gedeutet; namentlich der letzte Autor hat sie in langen Versuchsreihen immer übereinstimmend als solche functioniren sehen, wie ich früher einleitend (p. 9 u. 10) erwähnte. Ich bin am 15. November 1875 diesen Beobachtungen entgegengetreten, nachdem ich sie lange vorher öffentlich bekämpft hatte, und habe angeführt, dass die Stäbchen bei einigen Coprinen gar nicht vorkommen, und, wo sie vorhanden sind, keine directen Beziehungen zur Entstehung der Fruchtkörper haben. An eben diesem Tage belehrte Herr *van Tieghem*, seine früheren Beobachtungen in toto widerrufend, die Mycologen mit der Nachricht, dass die Organe keimen, dass sie aber nur gleich nach ihrer Bildung keimen [1]), später nicht mehr,

[1]) Herr *van Tieghem* hat seine Keimungsversuche der Stäbchen auch mit diesem Coprinus gemacht, er hält ihn mit *Reess* für Coprinus stercorarius, welcher gar keine Stäbchen besitzt. Von

dass sie also Conidien sind. Die Zuverlässigkeit dieser Angaben ergibt sich aus meinen Ausführungen von selbst (wonach anhängende Stückchen von Mycelien oder Fruchtträgern in einzelnen Fällen auskeimten, und als Keimungen der Stäbchen bei oberflächlicher Beobachtung erschienen, Keimungsandeutungen (?) dagegen niemals sogleich, sondern immer erst nach längerer Zeit sich zeigten).

Erst zu der Zeit, wo die Fruchtkörper mit den Conidien von den Mycelien erzeugt werden, finden die früher beim Coprinus stercorarius erwähnten Verschmelzungen der Mycelfäden statt. Die Erscheinung ist bald eine ganz allgemeine, und wo sie schliesslich mit der peripherischen Erweiterung der Mycelien unterbleibt, geben Schallenbildungen benachbarter Zellen den Ersatz für sie. Von nun an wird der weitere Aufbau der Mycelien ein ganz normaler; neben seltener Verzweigung der Endzelle ist die wirtelige Seitenzweigbildung an den Gliederzellen unterhalb der Schnalle ausnahmslose Regel.

Es ist den Mycelfäden des Coprinus lagopus eigen, weit über den Culturtropfen auf den Objectträger hinauszuwachsen und sich in die Luft zu erheben. Ein mehr oder minder grosses Flöckchen Luftmycel überragt auch stets den Culturtropfen älterer Culturen. Die Fäden dieses Luftmycels entspringen vorzugsweise in der Mitte der Cultur, sie werden nach den Rändern weniger häufig. Dafür erreichen sie hier eine ganz bedeutende Länge und rollen sich am Ende zu unregelmässigen Spiralen ein. In guten Präparaten kann man in 5 Minuten die Ueberzeugung gewinnen, dass diese eingerollten Fäden des Luftmycels, welche *Reess*[1]) bei seinen Untersuchungen über die Entstehung der Fruchtkörper, eigener Aussage nach, monatelang hinhielten, mit der Bildung der Fruchtkörper gar nichts zu thun haben.

Die Fruchtanlagen werden nach 8—10 Tagen am Mycelium sichtbar, sie

---

seinen Beobachtungen über schnelle Vergänglichkeit und frühen Keimverlust der Stäbchen, über ihre normale Keimung zu Mycelien bei Aussaat weniger Stäbchen, ihre H förmigen Verschmelzungen, wenn viele zusammenliegen, ihre Copulation mit vegetativen Mycelfäden, welche dann in Folge der Copulation schneller wachsen, kann ich keine einzige bestätigen. Diese Beobachtungen können darum als die einzig mögliche Erklärung der ersten Beobachtungen des Autors über die Befruchtung der Basidiomyceten für mich nicht bloss nicht dienen, sie machen sie im Gegentheile noch unerklärlicher. (Man vergleiche die früher citirten Aufsätze des Herrn *van Tieghem* in dem Jahrgange 1875 der pariser Akademie.)

[1]) *Reess*, Befruchtungsvorgang bei den Basidiomyceten, Erlangen 1874, und Botanische Zeitung 1876, Nr. 11, Rechtfertigung von *Reess*.

treten so reichlich und massenhaft auf, dass man in einem einzigen Präparate alle Stadien der Bildung vorfindet und ohne Hinderniss bis in alle Einzelheiten des Aufbaues vordringen kann (Taf. VI, Fig. 5). Ich bewahre Objectträgerculturen, in welchen mehr als hundert Fruchtkörper von den ersten Anlagen an bis zur Sporenreife zu übersehen sind. Mit Sicherheit kann ich aussagen, dass die nicht keimenden Stäbchen mit der Bildung der Fruchtkörper nicht in unmittelbaren Beziehungen stehen. In keiner der Culturen, die ich zu Hunderten aus Einer Spore (je von verschiedenen Hüten) gemacht habe, ist die Bildung der Fruchtkörper ausgeblieben. Sie erschienen regelmässig nach Ablauf von 8 Tagen, mochten neue Fruchtträger mit Conidien vorher aufgetreten sein oder nicht, mochten sie aufgehört haben sich zu bilden oder noch spärlich gleichzeitig mit den Fruchtkörpern nachgebildet werden, wie es mitunter geschah. Ein einzelner Mycelfaden und an diesem eine Zelle ist, genau wie beim Coprinus stercorarius, der Ort des ersten Entstehens. Diejenigen Fäden sind besonders bevorzugt in der Anlage der Fruchtkörper, welche der Oberfläche oder dem Rande des Culturtropfens nahe sind, von welchen die Fruchtanlagen sogleich, wie es ihnen Bedürfniss ist, in die Luft wachsen können (Taf. VI, Fig. 5). Ebendarum sind die Fruchtanlagen auch an dem Luftmycel eine häufige Erscheinung, ich habe bis 50 an einer Cultur darin gefunden und reife Fruchtkörper dort gesehen, wenn die Culturen stets im feuchten Raume blieben, und die Fäden nicht durch Eintrocknen litten.

Die vegetativ entstehenden Fäden der Fruchtanlage bilden einen kleinen Hyphenknäuel, dessen innerer Theil durch reiche Verzweigung und Dehnung der Zellen zum Stiel zusammenschliesst. Die peripherischen Hyphen und Hyphenenden nehmen an der Bildung des Stieles keinen Antheil und umhüllen die Stielanlage als Volva. Diese Elemente der Volva sind nur spärlich vorhanden, die einzelnen nach oben in Form von fädigen Haaren endenden Hyphen convergiren über der Stielanlage, deren Spitze sie verdecken (Taf. VII, Fig. 1).

Wie früher wird nun von dem zuerst angelegten Stiele der Hut an dessen Spitze gebildet. Die Bildung erfolgt durch reiche Aussprossungen von Hyphen, welche durch dieselbe charakteristische und intensive Art der Verzweigung ausgezeichnet sind, die wir bereits beim Coprinus stercorarius kennen lernten (Fig. 2). Die nach oben und aussen führenden Enden wachsen immer zu Haaren aus (Fig. 2 u. 3_4) und die nach unten und innen gebildeten Seitenzweige sind

so lange die vorzugsweise geförderten, bis die Wachsthumszone, die am Rande gelegen ist, sich im Bogen umgewendet hat und nun nach unten sieht (Fig. 3 $a_{4 \text{ u. } 5}$). Die Neubildung nimmt die Gestalt eines Hutes an, der im Innern aus einer geschlossenen Hyphenmasse besteht, nach aussen aber in lose, haarartige Hyphen übergeht (Fig. 3 *a* und *b*). Hiermit hat sich die Differenzirung der Hutanlage in Hut und Volva, vom ersten Momente der Bildung an durch bestimmte Wachsthumsvorgänge eingeleitet, soweit vollzogen, dass wir den inneren dichten luftfreien Kern als Hut von den äusseren lockeren luftführenden Hyphen, der Volva, unterscheiden können, wenn auch eine scharfe Abgrenzung beider nicht besteht. Die Hyphen der Hutvolva, wiewohl anderen Ursprungs, sind von denen der ursprünglichen Volva, welche den Stiel allein vor der Hutbildung umgab, nicht wesentlich in der Gestalt verschieden. Sie treten erst allmählich aus ihnen hervor durch die Zunahme der Hutanlage und sind dann daran kenntlich, dass sie divergirend wie die Haare auf dem Kopfe des Menschen erst nach aussen und dann mit den Spitzen nach abwärts wachsen, sobald der Hut die Wendung nach unten vollzogen hat, während die Stielvolva nach oben wächst, und sich in ihrer Richtung mit den Haaren der Hutvolva kreuzt (Fig. 3 $a_{3, \, 4 \text{ u. } 6}$).

Der Hut wächst durch Spitzenwachsthum am Rande. Mit der Zunahme seines Umfanges nach unten werden secundäre Lamellen zwischen den schon sehr früh am Hut entstehenden primären angelegt, und gleichzeitig nehmen die Lamellen centripetal durch Spitzenwachsthum an der ganzen Längsschneide an Ausdehnung zu. Der Stillstand des Längen- und Spitzenwachsthums an Hut und Lamellen, also der Neuanlage von Elementen, und der Beginn der Streckung, der Ausbildung der angelegten Elemente ohne Neubildung, sind auch hier sich ablösende und darum gegenseitig sich ausschliessende Vorgänge der Entwicklung. Sie nehmen, namentlich die Ausbildung des Hymeniums in den Lamellen, die gleiche Zeit in Anspruch, wie beim Coprinus stercorarius. Alternirend werden die Zellen der beiderseitigen Pallisadenzone an den Lamellen zu sterilen Pallisaden und zu Basidien. Einzelne von ihnen werden in entsprechenden Abständen zu Schutzpallisaden, zu Cystiden, welche in kleinerer Form auch die Schneiden der Lamellen begrenzen. Die Anlage und die Ausbildung der hymenialen Elemente ist eine gleichzeitige, nur Unterschiede in der Form der gebildeten Sporen und ihrer Färbung, die etwa der Dauer der Sporenentleerung entsprechen mögen, also Unterschiede von wenigen Stunden kommen einzeln vor.

Nach der gleichzeitig erfolgenden Reife der Sporen hebt die Streckung des Stieles und damit die Aufspannung des Hutes an. Die Lamellen sind nicht mit dem Stiele verwachsen, sie lösen sich leicht von ihm ab, und friedlich ohne gewaltsamen Act erfolgt auch die Trennung der durcheinander gewachsenen Hyphen der Hut- und Stielvolva. Der sich streckende, aus dem Hute hervorwachsende Stiel hat kaum einen haarigen Anflug, nur an seinen unteren Theilen finden sich die Haare von der ersten Stielanlage vor, welche der Regel nach durch weitere Haarbildungen an der Basis des Stieles verstärkt werden, die sich mitunter zu dünnen Strängen ausbilden, und (wie beim Coprinus stercorarius) zur Befestigung des Fruchtkörpers dienen (Taf. VI, Fig. 1 *c*, *d*, *f* und *g*).

Ganz besonders charakteristisch ist die Ausbildung der Huthaut und die hierdurch eingeleitete scharfe Abgrenzung von Hut und Volva. Sie begleitet die letzte Reife der Sporen und bildet den Abschluss der Streckung in den Elementen der Hutwand. Die Hyphen in dieser haben sich zu einem grossmaschigen parenchymatischen Gewebe ausgedehnt, welches nach aussen englumiger wird und dann mit einer Randzone aus flachen mehr tafelförmigen Zellen abschliesst. Diese peripherische Zellzone verdickt ihre Membranen beträchtlich, und auch die nächstuntere Zone nimmt, wenngleich schwächer, an dieser Verdickung Antheil (Taf. VI, Fig. 6); sie bilden zusammen die scharf umschriebene glatte Huthaut, durch welche die Volva schon vor der Streckung des Stieles abgestossen wird. Diese haftet in einzelnen Fäden oder Schuppen (Verbindungen von Fäden) nur mehr lose an der klebrigen Huthaut an und fällt bei der geringsten Berührung ab (Taf. VII, Fig. 4_5 und Taf. VI, Fig. 1, *e*). Die Fäden haben noch fast die Gestalt, welche sie gleich nach ihrer Bildung angenommen hatten, sie sind nur wenig länger, namentlich aber nach oben in den mittleren Zellen dicker geworden. Die Zahl ihrer Zellen beträgt meist 6—10; die unteren sind klein und englumig, die mittleren gross und weit, dann verschmälern sie sich und die obere läuft in eine feinere Spitze aus; durch eine leise convexe Umkrümmung gewinnt der einzelne Volvafaden die Form eines Hornes (Taf. VII, Fig. 4 *b*). Die Figuren 1—3 zeigen die Entstehung der von *de Bary*[1]) als haarförmigen Ueberzug bezeichneten Volvahyphen mit dem ersten Ursprunge der Hutanlage, und lassen nicht den leisesten Zweifel darüber bestehen, dass sie die zuerst entstehen-

---

[1]) *De Bary*, Morphologie der Pilze, Seite 73.

den peripherischen Theile des Hutes sind, welche erst später durch die Ausbildung der Huthaut von diesem scharf unterscheidbar sind und als Volva abgestossen werden, genau wie bei Amanita, und bei weitem klarer wie beim Coprinus stercorarius. Die beliebige Ansicht eines jungen Fruchtkörpers, der nach meinen Culturmethoden leicht zu gewinnen ist, beweist aufs klarste, dass der Hut, um einen andern Ausdruck zu gebrauchen, aus den basalen Theilen der Volva-Hyphen besteht, deren zuerst entstehende Enden später für den Hut keine Verwendung finden und als Volva durch die Huthaut abgetrennt werden. Der fertige Zustand kann bei oberflächlicher Beobachtung freilich zu der Auffassung führen, dass die zufällig haarförmigen Hyphen der Volva als Haare dem Hute entsprungen sind; aber der Umstand, dass diese Haare so früh abgestossen werden, dass nicht einzusehen ist, warum ein Hut sich den Luxus erlauben sollte, Haare zu bilden, von denen er nichts wie die Schwierigkeit hat, sie wieder los zu werden, lässt schon mit Wahrscheinlichkeit schliessen, dass sie nicht als Haare entstehen: die Entwicklungsgeschichte beweist es direct. Die richtige Deutung ist von entschiedenem morphologischem Werthe, weil ein und dasselbe Gebilde — die Volva — in den verschiedensten Abstufungen der Ausbildung und in den verschiedensten Formen bei den Agaricinen wiederkehrt und sich bis zum gänzlichen Verschwinden verfolgen lässt.

Durch das Aufspannen des Hutes bekommt die ausgebildete Huthaut die unvermeidlichen Längsrisse. Die Lamellen reissen in der Mitte auseinander, wo die Hyphen der Trama inzwischen zum subhymenialen Gewebe gestreckt sind. Auch an der Innenseite, an den innern Enden reissen die Lamellen eine Strecke weit auf, bis sich die seitlich verwachsenen Grenzpallisaden benachbarter Lamellen wieder abgelöst haben. Die Spaltung der Lamellen ist schliesslich eine vollständige und mit ihr ist die nur einige Stunden währende Sporenentleerung abgeschlossen. Die Lamellen rollen sich rückwärts zum Knäulchen ein und zerfliessen sammt dem Stiele in kürzester Zeit.

In Massenculturen auf ausgekochtem Pferdemist gedeiht der Pilz ganz vorzüglich. Nach 8—9 Tagen erscheinen die ersten Fruchtkörper, und ihre Bildung hält in ein und derselben Cultur monatelang an. Dies würde nicht möglich sein können, wenn nicht dieselben Mycelien, welche die ersten Fruchtkörper erzeugt haben, fortwüchsen und fort und fort an den neu gebildeten Myceltheilen neue Fruchtkörper anlegten. Die Anzahl der Fruchtkörper einer

Cultur, die ursprünglich mit einigen wenigen Sporen angestellt wurde, ging weit über tausend hinaus. Die ersten Anlagen waren nur klein, darauf wurden sie grösser und so colossal, wie sie in der Natur gar nicht vorkommen (Taf. VI, Fig. 1 *c*), dann nahmen sie an Grösse ab, und die Culturen endeten nach mehr als 4 Monaten mit Gebilden von zwergartiger Kleinheit (Fig. 1 *f* und *g*).

Verzweigungen von Fruchtkörpern sind durch äussere Einflüsse leicht zu erreichen, sie bilden sich zu Hunderten, an allen Stellen des Stieles, aus jeder beliebigen Zelle. Diese Fruchtanlagen sind vom ersten Anfange der Bildung an gar nicht von denen zu unterscheiden, die an einem Mycelfaden ursprünglich entstehen. Jede Zelle eines Fruchtkörpers erzeugt durch vegetative Aussprossungen neue Fruchtkörper, wie es ursprünglich eine Zelle des Myceliums thut. — Auch die weiteren früher erwähnten Versuche der vegetativen Aussprossungen der Fruchtkörper zu Mycelien habe ich zu wiederholen nicht unterlassen. Die Umlenkung war eine sofortige und in Beziehung auf die einzelnen Elemente des Fruchtkörpers ganz allgemeine. Jede Zelle eines Fruchtkörpers wuchs in jedem Stadium seiner Entwicklung momentan zu neuen Mycelien aus, die in normaler Weise nach 9 Tagen neue Fruchtanlagen erzeugten.

Das Licht hat auf die Entwicklung des Coprinus keinen so grossen Einfluss wie beim Coprinus stercorarius. Sie wird um mehrere Tage verzögert, auch die Stiele werden länger, bevor ihre eigentliche Streckung mit der Sporenreife im Hute beginnt, aber die Hutbildung unterbleibt nicht im Finstern; die verlängerten Stiele sind ausserordentlich positiv heliotropisch.

Coprinus ephemerus.

Kaum minder allgemein verbreitet als der Coprinus lagopus kommt Coprinus ephemerus auf beliebigem Miste vor. Er ist durch seine gelblich braune Farbe, die nach dem Gipfel des Hutes vorzugsweise dunkel wird, auf den ersten Blick von den früheren Formen leicht zu unterscheiden. Hut und Stiel sind fast glatt, eine Volva ist am Hute in ganz rudimentärer Form noch vorhanden, der Stiel hat keinen Haaranflug, nur an der Basis secundär auftretende mitunter sehr mächtige Rhizoiden aus dicht verbundenen Hyphensträngen (Taf. VI, Fig. 7*b*—*e*). Durch die reifenden Sporen wird der Hut nachträglich dunkler, der Stiel mit der Streckung heller. Unter gewöhnlichen Verhältnissen trifft man die Fruchtkörper meist einzeln an, nicht heerdenweise. Es hat dies seinen Grund darin, dass die Nährstoffe des Mistes bereits von anderen Pilzen zu sehr erschöpft sind, ehe der langsam wachsende Coprinus zur Entwicklung kommen kann. Säet man aber die Sporen des Pilzes mit Ausschluss jeglicher anderen auf ausgekochten Mist aus, so ist seine Entwicklung eine überaus üppige, und die Fruchtkörper stehen in grosser Zahl dicht zusammen (Fig. 7*a*).

Die Sporen des Pilzes sind in der Form nicht immer gleich. Sie sind grösser bei üppigen Fruchtkörpern und messen 0,012 Mm. in der Länge und 0,007 Mm. in der Breite, kleiner dagegen bei winzigeren Bildungen. Ihr Verhalten bei der Keimung ist ebenso verschieden. Sie keimen in zehn Fällen gar nicht, um im elften ausnahmslos auszusprossen. In der Länge der Zeit keimen aber auch die anfangs trägen Sporen aus, nachdem sie 8 bis 14 Tage im Mistdecoct verweilt haben. Kleine Sporen von kleinen Fruchtkörpern keimen immer schlecht und häufig gar nicht; es ist räthlich das Aussaatmaterial nur

von grössern aufzufangen. Bei der Keimung quillt gleichsam aus der einen Spitze der Sporen eine grosse Blase hervor. Aus dieser ersten Keimblase sprossen eine Reihe weiterer kugeliger Sprosse aus, die sich nicht selten zu Colonien von einem Dutzend solcher Blasen steigern (Taf. VI, Fig. 8). Erst dann hört die Anschwellung der neuen Sprosse auf, und sie wachsen zu gewöhnlichen Schläuchen aus. Die Mycelschläuche, sich schnell verzweigend, sind von besonderer Mächtigkeit und laufen nach dem Centrum in eine oder in eine Kette von Keimblasen aus, deren erste die Sporen an sich trägt. Im Vergleich zu den früheren Mycelien sind die des Coprinus ephemerus anfangs arm an Verzweigungen, die dicken Fäden gehen weit und sparrig auseinander. Regellos wie die Verzweigungen treten auch die Scheidewände in den Fäden auf, oft schon zwischen den ersten Keimblasen, oft später nach mehrfachen Verzweigungen. In weiteren Stadien werden die Verzweigungen etwas zahlreicher und in Beziehung auf sie werden in der Gesammtheit der Mycelien Unterschiede dahin auffällig, dass ein Theil der Fäden normal in die Länge wächst, und sich wenig verzweigt, während ein anderer kurz bleibt und dafür sehr zahlreiche und ebenso kurze Verzweigungen bildet, welche ein knorrig keuliges Ansehen tragen (Taf. VI, Fig. 9). Dieser Unterschied in den Fäden bleibt entweder erhalten, oder er ist vorübergehend und geht dadurch verloren, dass die kurzen verzögerten Fäden nachträglich auswachsen zu normalen langen Fäden. Späterhin werden dann auch die kurzen Sprosse nicht mehr gebildet, alle Fäden wachsen lang aus und zwar mit grosser Schnelligkeit. Schon nach 5 Tagen ist der Culturtropfen durchwachsen und die Fadenenden wachsen weithin über die Glasfläche des Objectträgers aus. Verschmelzungen von Fäden sind an den Mycelien auch späterhin nur vereinzelte Erscheinungen, Schnallenfusionen kommen niemals vor; dagegen besitzen die Fäden älterer Mycelien die Neigung sich seitlich zusammenzulegen zu primitiven Strängen. Dies wird veranlasst durch Anlegen eines seitlich entstehenden Astes; durch mehrfache Wiederholung des Vorganges an einem Faden wird aus dem Faden eine Verbindung von Fäden. Diese Strangbildung bleibt aber immer nur rudimentär, und spätere Seitenäste wachsen wieder im Winkel zu einzelnen Fäden aus; an den rudimentären Strängen ist die Verschmelzung der Fäden weit häufiger als an freien Fäden.

In den beschriebenen Fällen sind die Mycelien gänzlich steril an Stäbchen geblieben. Dies geschieht häufig, aber eben so häufig fructificiren sie vor dem

Auftreten der grossen Fruchtkörper durch die Bildung der Stäbchen. Es sind der Regel nach knorrig kurze Mycelfäden, aus welchen sie hervorwachsen, und wir haben allen Grund anzunehmen, dass die vorerwähnten kurzen Mycel-äste (Fig. 9) zur Erzeugung von Stäbchen ursprünglich bestimmt sind, dass ihre Bildung aber unterblieben ist. Sie entspringen als feine Fäden an den angeschwollenen Stellen der kurzen Aeste auf diesen oft dicht zusammen und bilden, indem sie sich nach verschiedenen Richtungen wenden, mehr oder minder grosse Büschel, die in kleinen Abständen auf einander folgen (Fig. 10—12). Der Regel nach bleiben sie einfach, es kommen aber auch Verzweigungen ersten Grades vor (Fig. 11_6). Sobald das Spitzenwachsthum aufhört, zerfallen sie durch Zergliederung in kurze oder lange, gerade oder umgebogene Stäbchen, die einen körnigen Inhalt und, wie beim Coprinus lagopus, zu beiden Seiten ein grösseres Körnchen führen (Fig. 10 u. 11 *d* und *b*). Die Gebilde sind äusserst zart und zerfallen bald nach ihrer Bildung durch Auflösung in dem Culturtropfen. Sie keimen niemals, sondern verschwinden nach einiger Zeit, auch in frischer Nährlösung, durch Auflösung, wenn sie sofort nach ihrer Bildung ausgesäet werden. Die Fäden, an welchen die Stäbchen entstehen, entleeren nur einen Theil ihres Inhalts in diese und wachsen später an beliebigen Stellen weiter aus zu gewöhnlichen Mycelfäden; oder es wiederholt sich nach einer kurzen Zeit die Bildung der Stäbchen an den neuen Aussprossungen, ehe sie in gewöhnliche Mycelfäden übergehen. Die Stäbchen entspringen meistens in Büscheln an den kurzen Anschwellungen der Fäden, die ich als rudimentäre Fruchtträger (Fig. 10 und 11) deuten möchte, wenn ich sie mit denen des Coprinus lagopus vergleiche (Fig. 4). Die Anschwellungen sind oft so unbedeutend, dass man sie kaum sehen kann; die Stäbchen entspringen dann scheinbar oder wirklich direct aus den Fäden, stehen hier einzeln oder zu mehreren, aber nicht in Büscheln zusammen. Dies ist die Form, womit die Bildung der Stäbchen an den Mycelien endet, wenn die Fäden vegetativ auswachsen (Fig. 12). Die Stäbchen kommen oft nur an einem oder dem andern Faden eines Myceliums vor, oft an allen kurzen Zweigen 1 bis 2 Tage lang, um dann zu verschwinden; massenhaft wie beim Coprinus lagopus ist ihre Bildung nie.

In dem zeitlichen Auftreten der Stäbchen herrscht eine grosse Variabilität. Der Regel nach erscheinen sie, wenn sie überhaupt gebildet werden, bald nach der Keimung, ja oft auf der Keimblase selbst. In Fig. 10 ist diese ganz mit

Stäbchen bedeckt, Fig. 11 ist die Abbildung eines kleinen Myceliums, welches an allen Stellen Stäbchen trägt, es ist 2 Tage alt und steht im Begriff vegetativ auszuwachsen, ohne weiterhin Stäbchen zu bilden. Wenn man viele Sporen zugleich aussäet, so hat man mehr Aussicht die Stäbchen zu bekommen, als wenn man nur eine zur Aussaat verwendete; doch ist dies auch nicht ohne Ausnahme, und trifft oft bei den Sporen eines Hutes an einem Tage zu, und nach 8 Tagen nicht mehr.

Ich wüsste kaum, wie diese Stäbchen hier anders, denn als rudimentäre Bildungen zu deuten wären, die bald gar nicht erscheinen, bald nur vereinzelt, bald an rudimentären Trägern vorkommen, bald direct an den Fäden, die hier sofort mit der Keimung auftreten, dort erst an etwas älteren Mycelien, um aber auch hier nach kurzer Zeit wieder zu verschwinden — Bildungen, die aber in keinem Falle keimfähig sind. Eine solche Deutung findet namentlich eine Stütze in den früheren Beobachtungen beim Coprinus stercorarius und lagopus. Bei dem ersteren waren die Stäbchen bis auf eine rudimentäre Andeutung der Träger verschwunden, bei dem andern hingegen wurden sie noch fast regelmässig, häufig in grossen Massen und an wohl ausgebildeten Trägern, erzeugt.

Nach längstens 8 Tagen sind die Stäbchen immer verschwunden; die Bildung der Fruchtkörper hingegen hebt erst nach 3—4 Wochen an den Mycelien an. Wie sollte es nun wohl möglich sein, dass jene directe geschlechtliche Beziehungen zu dem Ursprunge der Fruchtanlagen haben, da sie ja schon vor derem Auftreten verschwunden sind, und da sie auch ebenso oft gar nicht auftreten?

Jede keimfähige Spore von jedem Hute bildet Fruchtkörper, aber niemals vor Ablauf von 3 Wochen. Auf Objectträgern gelingen die Culturen vortrefflich, wenn man nur die Bacterien in der Länge der Zeit von ihnen ausschliesst, was mir nach meinen jetzigen Methoden mit Sicherheit gelingt. Der Ursprung der Fruchtkörper an einem Mycelfaden durch vegetative Aussprossung von Hyphen ist derselbe, wie in den beiden früheren Fällen. Aus dem Hyphenknäuel bildet sich dann zuerst die Stielanlage und an deren Spitze der Hut. Die Elemente des Hutes wie die des Stieles schliessen hier bis auf vereinzelte Spitzen nach aussen glatt zusammen (Taf. VII, Fig. 5). Hierdurch geschieht es, dass keine Volva nach Art der letzten Coprini zu Stande kommt. Der Fruchtkörper von Coprinus ephemerus hat keine Volva; nur die sofort an der Hutanlage er-

kennbaren haarförmigen Spitzen sind als das Rudiment einer Volva aufzufassen (Fig. 5—7).

Nahe an der Basis des Stieles werden vor seiner Streckung, während die Ausbildung des Hutes vor sich geht, mächtige Rhizoiden angelegt. Auf Objectträgerculturen bei sehr kleinen Fruchtkörpern sind sie freilich auf einzelne oder wenige eng verbundene Hyphen reducirt, in Massenculturen auf festem Substrate hingegen bestehen sie aus dicken Hyphensträngen, die über weite Strecken hinwachsen und eine ganz enorme Ausdehnung gewinnen. Man kann dies besonders schön verfolgen in den Fällen, wo das Mycelium im Culturgefässe von dem Substrat aus über die freie Glaswand hingewachsen ist, und nun hier in einiger, oft sogar zollweiter Entfernung vom Substrat die Bildung der Fruchtkörper stattfindet. Ob die Stränge hier bloss zur Befestigung der Fruchtkörper dienen, oder ob sie auch zugleich den Fruchtkörper ernähren, weiss ich nicht. Wäre das letztere der Fall, so würde der Fruchtkörper hierdurch wenigstens theilweise vom Mycelium, welches ihn anfangs ausschliesslich ernährt, individualisirt werden. Ich zweifle aber nicht, dass die Strangbildungen, welche an grossen Agaricinen und anderen Basidiomyceten-Fruchtkörpern vorkommen, grösstentheils als secundäre Sprossungen, als nachträglich gebildete Rhizoiden, zu deuten sind und nicht als Stränge, an welchen die Fruchtkörper ursprünglich entstehen, wie man es im fertigen Zustande anzunehmen geneigt sein kann. Dies kommt nur vereinzelt vor.

Die Differenzirung des Hutes, des Hymeniums auf den Lamellen, die Aufspannung des Hutes mit gleichzeitiger Streckung des Stieles, endlich das Verjauchen beider nach dem Abfallen der Sporen sind Vorgänge den früher beschriebenen so völlig analog, dass sie keiner weiteren Erläuterung bedürfen. Als abweichend will ich anführen, dass die Cystiden selten sind, meist nicht vorkommen, dass die Zahl der Lamellen überhaupt beschränkt ist und an kleinen Fruchtkörpern sogar auf 10—12 zurücksinken kann. Die Huthaut ist besonders schön ausgebildet, ihre Zellen sind regelmässig und nach aussen stark verdickt (Taf. VI, Fig. 13). Sie haben vor dem Abschluss der Streckung und der Membranverdickung noch eine längliche Gestalt und sind im Gipfel des Hutes fast pallisadenartig geordnet (Taf. VII, Fig. 7). Diese Form geht mit der Streckung verloren, die Zellen werden breiter und namentlich nach dem Hutrande hin länger und flacher. Aus den rudimentären Volvahaaren werden später kugelige Blasen,

welche in diesem Zustande einen sichtbaren zarten Volvaanflug bilden. Die Längsrisse im Hute über den Lamellen treten früh auf, und früher als sonst geht die Trama in subhymeniales Gewebe über. Die Aufspannung ist, wohl im Zusammenhange mit der starken Huthaut, besonders energisch; das Zerfliessen des verblühten Fruchtkörpers geht hingegen nur langsam vor sich im Vergleich zum Coprinus lagopus.

Sprossgenerationen von Fruchtkörpern aus Fruchtkörpern ohne Mycelium sind durch mechanische Eingriffe ebenso leicht zu erreichen, wie eine Umlenkung der Fruchtkörper zu Mycelien ohne Sporen. Die Fruchtkörper sprossen vor ihrer Sporenreife je nach Umständen zu neuen Fruchtkörpern oder zu Mycelien aus und zwar sogleich in jeder Zelle und in jedem Stadium der Entwicklung.

Das Licht ist für die Entwicklung des Pilzes von grosser Bedeutung. Wenn man es ausschliesst, erreichen die Fruchtkörper in Stiel und Hut nur etwa die halbe Grösse, dann werden die Stiele welk und schlapp, und die halb entwickelten Hüte sinken ohne Aufspannung um. Dem ganzen Fruchtkörper fehlt der Turgor und in Folge mangelhafter Streckung ist die Form des Hutes oft unregelmässig, bald oben aufgebläht und unten zusammengezogen, bald einseitig verlängert; die normale Form des länglichen Ovales ist zu einer napfförmigen Gestalt verändert (Taf. VII, Fig. 8 a–d_2). — Jeder Einfluss des Lichtes macht sich sofort an diesen welken im Finstern gewachsenen Fruchtkörpern geltend. Der Stiel wird wieder prall und richtet sich auf, auch der Hut wird voller und grösser und nimmt nun seine normale Gestalt an. Nach etwa 2 Tagen beginnt die Aufspannung des Hutes, die so regelmässig verläuft, als es nach den schädlichen Wirkungen der Finsterniss noch möglich ist. Häufig nämlich brechen hierbei die Fruchtkörper auseinander, weil die nachträgliche Streckung nicht gleichzeitig an allen Stellen erfolgt. — Eben dadurch, dass ich die Wirkung des Lichtes an denselben Objecten zur Geltung brachte, welche vorher unter dem schädlichen Einflusse der Finsterniss krankten, ist jeder Einwand in die Richtigkeit der Beobachtungen, jede Möglichkeit, dass andere Ursachen die Erscheinung herbeiführten, beseitigt. Ich füge noch hinzu, dass die Versuche in zahlreichen Wiederholungen immer in der gleichen Art und mit dem gleichen Ausgang verliefen. Selbst auf Culturen, die über einen Monat ge-

standen hatten, in welchem die Fruchtkörper ganz welk und verschrumpft aussahen, wirkte das Licht noch wieder belebend ein.

Die Untersuchung der im Finstern verwelkten Fruchtkörper ergab das interessante Resultat, dass die Bildung der Lamellen völlig normal erfolgt war. Im Einklange hiermit hatte auch der Hut eine verhältnissmässige Grösse erlangt. Erst mit dem Beginn der Streckung und der Differenzirung der hymenialen Elemente der Lamellen hatte dann die Sache eine andere Wendung genommen. Die Streckung der sterilen Pallisadenzellen, welche mit den Basidien alterniren, war unterblieben, die Zellen hatten die Grösse nahezu behalten, in welcher sie ursprünglich angelegt sind; die Basidien waren zwar ausgewachsen, aber nur mangelhaft, und ebenso mangelhaft war die Sporenbildung auf ihnen eingetreten; die Sporen waren klein und nicht keimfähig. Fast in dem gleichen Stadium der Entwicklung waren alle Hüte der Fruchtkörper stehen geblieben, sie hatten die halbe Grösse der normalen bei welkem Aussehen und gingen ohne Licht ausnahmslos unter, indem auch der Stiel welkte und ohne Streckung zusammensank. Weiter war an diesen verwelkten Fruchtkörpern bemerkenswerth, dass die rudimentäre Volva, welche dem Pilze eigenthümlich ist, reichlicher auftrat und schon mit blossem Auge zu erkennen war. — Höhere Temperaturgrade erwiesen sich für die Entwicklung im Finstern gehaltener Fruchtkörper einflusslos, bei 17° welkten sie in gleicher Weise ab, wie früher.

Aus den Stielen der im Finstern gewachsenen Fruchtkörper, die in der Entwicklung zurückgeblieben waren und die letzten Acte der Streckung nicht zu vollziehen vermochten, sprossten nach einigen Wochen neue Fruchtkörper aus, in oft unzähliger Menge den ganzen Stiel seiner Länge nach bedeckend. Ich habe Taf. VII, Fig. 8 *a—d* einige bescheidene Fälle dieser Art abge-

---

[1]) Im Vergleich zum Coprinus stercorarius bieten die Wirkungen der Lichtentziehung beim Coprinus ephemerus interessante Variationen dar, sie machen sich hier in ganz anderer Weise geltend als dort. — Ich bin mit umfassenden Untersuchungen über die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung der Pilze beschäftigt, welche nach mehrfacher Richtung bemerkenswerthe Details ergeben haben und namentlich zeigen, dass das Licht einen grösseren Einfluss auf die Pilze ausübt, als wir bis jetzt annehmen. Dies gilt nicht bloss für höhere Pilze, sondern auch für niedere. So bildet z. B. der Pilobolus microsporus niemals Sporangien aus, wenn das Licht nicht einwirkt. Die so häufig vorkommenden massenhaften Pilzbildungen in finsteren Räumen, welche man »Byssus« genannt hat, sind wahrscheinlich nur sterile vegetative Zustände von höheren Pilzen, welche durch den Mangel an Licht keine Fruchtkörper ausbilden.

bildet, an welchen sich die Sprossgenerationen in den verschiedensten Stadien der Entwicklung vorfinden. Diese kamen in vielen Fällen bis zur Grösse des primären Fruchtkörpers, dessen oberer Theil dadurch stärker welkte, und gelangten zur normalen Entfaltung, sobald das Licht einwirkte. Alle entstanden, genau wie die Fruchtkörper am Mycelium, durch vegetative Aussprossung beliebiger Stielzellen.

Coprinus ephemeroides.

Nur hie und da kommt der Coprinus ephemeroides auf den verschiedenen Mistsorten zur Entwicklung. Er erscheint in Folge seines langsamen Wachsthums von allen Coprinusarten am spätesten, erst nach 4 bis 5 Wochen, und auch dann nur, wenn der Mist an andern Pilzen, die vorher wachsen, weniger ergiebig war und keine totale Erschöpfung an Nährstoffen durch sie erlitten hat. Im ungespannten Zustande des Hutes hat der zierliche Pilz eine weisse etwas gelbe Farbe, der Hut die Form eines Ovales (Taf. VIII, Fig. 16 *a* und *b*), eine dicke weisse Volva, oft zu kleinen Häufchen zertrümmert, bedeckt den Hut und den obern Theil des Stieles. Der untere Theil ist knollenförmig wie eine Zwiebel angeschwollen, und von den basalen Theilen dieser Zwiebel gehen mehr oder minder zarte Rhizoiden in das Substrat. Durch die Streckung des Stieles und die Aufspannung des Hutes wird ein Velum partiale, ein Annulus inferus abgetrennt, dem wir hier zum ersten Male begegnen. Er bleibt in Form eines losen, leicht verschiebbaren Ringes meist auf ³/₄ Höhe des Stieles hängen, gleitet aber oft weiter bis zur Basis des Stieles hinab (Fig. 16 *a*—*e*). Der Pilz wird nie über 2—3 Zoll gross; sein Hut rollt sich mit dem Aufspannen nur wenig nach rückwärts, fällt vielmehr schirmförmig ausgebreitet (Fig. 16 *e*) durch Welken und Zerfliessen des Stieles zu Boden.

Die ausserordentlich kleinen Sporen von 0,008—0,01 Mm. Länge und 0,005 Mm. Breite keimen leicht und sicher zu einem anfangs sehr dicken Keimschlauche aus, an welchem die weiteren Verzweigungen schnell dünner werden und im weiteren Verlaufe ein Mycel aus sehr zarten Fäden bilden. Das Mycelium wächst wie das von Coprinus ephemerus. Es bleiben aber alle Fäden gleich, und eine Verschiedenheit in der Form, wie bei den Mycelien des Coprinus ephemerus, kommt nicht vor. Nach 8 bis 10 Tagen sind die Mycelien über den Culturtropfen hinausgewachsen, kommen aber erst nach etwa 4 Wochen

zur Bildung von Fruchtkörpern. Bis zu dieser Zeit erfahren die Mycelien keine Veränderungen. Sie zeigen sehr vereinzelte Fadenverschmelzungen, ebenso selten auch eine Schnallenfusion, und hier und da werden primitive Strangbildungen bemerkbar. Nur an wenigen Fäden, die etwas kürzer geblieben sind, erfolgt eine ganz schwache Stäbchenbildung, die auch ebensooft ganz unterbleibt. Die Stäbchen werden auf kaum hervortretenden Seitenzweigen in dichten Büscheln (Fig. 17) angelegt, sie sind einem Krystallbündel täuschend ähnlich und nur durch Reaction und Verbrennung von diesem zu unterscheiden. Ich habe die Stäbchen niemals völlig abfallen sehen, auch die Zergliederungen unterblieben öfters; eine Keimung konnte nie erreicht werden.

Die erste Entstehung der sehr früh auftretenden Fruchtkörper ist genau dieselbe wie beim Coprinus stercorarius. Der Stiel wird zuerst im Innern des Hyphenknäuels angelegt und an seiner Spitze geht dann die Hutbildung vor sich. Sie ist dadurch ausgezeichnet, dass eine Differenzirung des Hutes in den Hut im engern Sinne und eine Volva eigentlich niemals eintritt (Taf. IX, Fig. 1 u. 2). Es unterbleibt die beide abgrenzende Anlage einer Huthaut vollkommen. Die Volva ist der peripherische Theil der Hyphenelemente, welche den Hut bilden. Diese werden nach innen dichter (Fig. 2 *b*) und schliessen völlig zusammen zur Masse des Hutes, welcher später auf der Innenseite die Lamellen hervorbringt. Der Uebergang beider ist ein so allmählicher, dass es eine Grenze zwischen Hut und Volva gar nicht giebt. Man könnte sie etwa dahin verlegen, wo die Luft zwischen den Hyphen auftritt und alles Volva nennen (Fig. 1_4 und Fig. 2 a_6), was Luft zwischen den Hyphen führt, dagegen Hut, was luftfrei ist (Fig. 1_3 und Fig. 2 a_5). Die Masse der Volvaelemente ist eine so grosse, wie wir sie bisher nicht kennen gelernt haben. Sie wird zuerst, vor dem Hute angelegt, der sich aus ihren inneren Theilen gleichsam bildet. Wenn darum die jungen Stadien

---

[1]) Bei diesem Coprinus (wie auch bei allen früheren Coprinus-Arten) sind die Sporen häufig sehr unregelmässig in der Form. Zwischen solchen, die mehr wie 2 mal so lang als breit sind, kommen in denselben Hüten andere vor, die erheblich kürzer, oft einseitig aufgetrieben »spindelförmig« erscheinen und wieder andere, die fast rund sind. Viele andere Basidiomyceten zeigen ähnliche Schwankungen in der Formausbildung der Sporen. Sie stimmen hierin mit gewöhnlichen Sporenbildungen an ungeschlechtlichen Fruchtkörpern überein, während anderseits die unmittelbar geschlechtlich erzeugten Sporen wie die mittelbar an der geschlechtlich erzeugten sporentragenden Generation auftretenden Sporenbildungen z. B. Algen-, Moos-, Farn- und Phanerogamen-Sporen eine nur wenig schwankende, reichere und weit bestimmtere Ausbildung der Form besitzen.

des Hutes bereits ganz von dicken Volvamassen umgeben sind (Fig. 1), so können wir von den jüngsten fast sagen, dass sie im Wesentlichen aus Volva bestehen; von dem Fehlen einer Volva, von einem haarförmigen Ueberzuge des Hutes im Sinne *de Bary's* kann hier so wenig wie in früheren Fällen die Rede sein.

Die Form der Volvaelemente weicht nicht unwesentlich von den uns bis jetzt bekannt gewordenen Bildungen der gleichen Art ab, sie bilden ein Mittelding zwischen dem Coprinus stercorarius und dem Coprinus lagopus. Die Zellen der Hyphen schwellen an den Enden bedeutend an wie beim Copr. sterc., aber sie erreichen die volle Kugelform kaum (Fig. 2 b_2) und bleiben mit einander in Verbindung, wie es beim Copr. lagopus geschieht. Die Fäden sind also aus länglich kugelförmigen Zellen zusammengesetzt, welche nach innen kleiner und kleiner werden und beim Uebergange in die Fadenform sich im Hut verlieren (Fig. 2 b_1). Nach aussen werden die Luftinterstitien grösser mit der Grösse der Zellen, nach innen nehmen sie allmählich ab und hören endlich im dichten Verbande der Hutmasse ganz auf (Fig. $1_{3\text{ u. }4}$ und Fig. 2 $a_{5\text{ u. }6}$). Mit Nothwendigkeit müssen die Volvaelemente durch die Wachsthums- und Streckungsvorgänge des Hutes, denen sie nicht, wenigstens in der Peripherie nicht mehr, nachkommen, zerklüftet werden (Fig. 2 a_6); dies geschieht von aussen nach innen fortschreitend. Anfangs bietet die Volva den Anblick einer Gebirgslandschaft dar, in welcher die Risse die Thäler, die von einander gerissenen Theile die Gebirgsmasse bilden, später wird auch ihr Boden erschüttert und sie sinken in kleinen Trümmern in die grösseren Zwischenräume hinab (Taf. VIII, Fig. 16). Ein Unterschied in der Anlage der Volvaelemente vom Gipfel des Hutes nach seinem Rande ist weniger bemerkbar wie früher; am äussersten Rande selbst ist sie vorzugsweise beträchtlich.

An der Wachsthumszone des Hutrandes dauert die fernere Anlage von Elementen des Hutes fort in der Weise, wie sie in den ersten Stadien begonnen hat. Es differenziren sich aus den am Rande gleichförmigen Hyphenmassen fort und fort nach aussen die peripherische Volva, nach innen der Hutkern, bis schliesslich das Wachsthum, die Neubildung der Hyphen, stille steht. Sobald dies eintritt, hört auch die der Neubildung folgende Differenzirung der Hyphen auf, und es zeigt sich, dass sie nicht bis zur Spitze des Hutrandes fortschreitet, sondern schon eine Strecke weit über diesem erlischt. Indem so ein Theil der Hyphen und zwar der äusserste von der Differenzirung ausgeschlossen bleibt,

erhält der Hut eine besondere Randzone von undifferenzirten Hyphen, welche sich unmittelbar dem unteren Ende der Lamellen anschliessen. Man könnte sie als den untern Theil der Hutvolva auffassen; doch da diese ein Differenzirungsproduct ist aus den Hutelementen, hier aber gar keine Differenzirung eintritt, ist eine solche Deutung nicht völlig gerechtfertigt, und wir dürfen nur die Grenze als solche bezeichnen, die unmittelbar an die Lamellen stösst. Das besondere Verhalten dieses nicht differenzirten Hutrandes im Vergleich zur Hutvolva unterstützt diese Auffassung. Die Spitzen nämlich bilden keine Erweiterungen in den Zellen und keine Rosenkranzketten wie die Volva, sie bleiben Hyphen wie im Anfange. Als solche verwachsen sie mit den Hyphenelementen der Stielvolva zu einem geschlossenen Ganzen, welches generaliter als Volva bezeichnet wird und Hut und Stiel in seinem Innern birgt, wie wenn der Fruchtkörper sich von Innen heraus modellirt hätte.

Diese Verbindung muss nothwendig zerreissen, sobald die Streckung des Stieles, die nur in der Spitze erfolgt, beginnt. Dies geschieht ziemlich friedlich. Die Hyphenelemente trennen sich, so wie sie früher verwachsen sind, und der nicht differenzirte, den Stiel eng und rund umgebende Hutrand wandert durch die Streckung des Stieles mit dem Hute nach oben (Taf. VIII, Fig. 16 *a* u. *b*). Der seitliche Verband der Hyphen des Hutrandes ist ein ziemlich enger und fester, und dieser Umstand allein entscheidet bei der Aufspannung des Hutes über seine Endschicksale, für die nur zwei Möglichkeiten offen bleiben. Es kann entweder durch die Aufspannung der geschlossene Hutrand zerreissen und in einzelnen Trümmern den aufgespannten Hut am Rande verzieren, oder er muss am Rande des Hutes sich ablösen, und wenn dies geschieht bleibt er, ein morphologisches Gebilde für sich, als Ring am Stiele sitzen, als loser verschiebbarer Ring (Fig. 16 *c*, *d* u. *e*), da ja die untere Ablösung vom Stiele schon früher erfolgte, und die Trennung vom Hute die Verbindung mit dem Fruchtkörper überhaupt löste. Wie erwähnt ist nun die untere seitliche Verbindung des Hutrandes eine ziemlich feste und innige (Taf. IX, Fig. 3 *a* und b_1), sie überwiegt die zweite Verbindung am Hutrande; hier erfolgt darum die Ablösung (Fig. 3 *a* u. b_2) und durch sie die Erhaltung des Hutrandes als Ring.

Gesetzt den Fall, die Ablösung wäre eine weniger glückliche und der Hutrand würde zerrissen, so wäre dem Endresultate nach kein Ring vorhanden; aber entwicklungsgeschichtlich bestände er hier so gut wie dort. Ich hebe diesen

Punkt besonders hervor, weil wir, das Vorhandensein eines Gebildes wie der Ring nur nach dem Ausgange, nach dem fertigen Zustande allein beurtheilend, zu naheliegenden Fehlern kommen würden, zu Auffassungen von Unterschieden, welche systematisch allerdings verwerthbar sind, deren Werth aber, durch die Entwicklungsgeschichte geprüft, nur ein beschränkter sein kann, wenigstens für die Systematik, welche sich nicht mit der Unterscheidung der Formen allein begnügt, sondern zugleich auch aus der Erkenntniss gradueller Uebereinstimmungen den natürlichen Zusammenhang derselben zu erschliessen bestrebt ist.

Die Ablösung des Hutrandes vom Hute wird durch den Umstand gleichsam vorbereitet, dass mit fortdauernder Streckung auch die basalen, der Hutgrenze anliegenden Volvaelemente sich zu kugeligen Zellen erweitern, die im losesten Verbande stehen, sich also leicht von einander ablösen. In Fig. 3*a* habe ich den ausgebreiteten Annulus inferus gezeichnet, in Fig. 3*b* nur eine kleine Parthie von ihm stärker vergrössert wiedergegeben, der obere Theil mit den grösseren Zellen (Fig. 3b_2) begrenzte den abgetrennten Hutrand, der untere aus Hyphen bestehend bildete den Rand des Hutes (Fig. 3b_1) und liegt lose um den Stiel.

Nur durch das Zerfallen der Volvaelemente in Folge der Streckung der Zellen, welche bis zur compacteren Masse des Hutes nach innen allmählich fortschreitet, wird die Grenze zwischen Hut und Volva schärfer als früher bezeichnet (Fig. 2*a* u. *b*). Alles was zerfällt ist Volva und das Uebrige Hut. Eine Huthaut, aus stärker verdickten Zellen einer besonderen Zone gebildet, wird, soweit die Beobachtung auf Längs- und Querschnitten reicht, nicht angelegt. Die Aufspannung des Hutes erfolgt darum mit minderer Energie, als in früheren Fällen, nur durch stärkere Streckung der hymenialen Elemente im Vergleich zur Hutwand, welche hierbei soweit Widerstand leistet, als es zur Aufspannung nothwendig ist; ein Einrollen des Hutes zum Knäuelchen findet nicht statt.

Ueber das hinaus, was ich hier mitgetheilt habe, herrscht eine so völlige Uebereinstimmung des Coprinus ephemeroides mit den früheren, dass ich nur wiederholen könnte, was ich dort gesagt habe. — Das Licht verzögert die Entwicklung des Fruchtkörpers, ohne sie jedoch ganz zu hemmen.

Das Gleiche gilt von einer Anzahl anderer Coprinus-Arten, die ich untersucht habe. Die Unterschiede, welche ich auffand, drehten sich darum, ob eine Volva vorhanden ist oder nicht, und welche Form deren Elemente annehmen,

ob ein Annulus vorkommt oder fehlt, ob eine Huthaut gebildet wird, ob die Mycelien Stäbchen erzeugen, ob diese direct an den Fäden oder gleichsam an Fruchtträgern entstehen, ob häufige oder seltene Fusionen der Mycelfäden, ob Schnallenfusionen und Strangbildungen eintreten, ob Sclerotien als Uebergangsstadium vom Mycelium zum Fruchtkörper in den Entwicklungsgang eingeschlossen sind oder nicht, etc. Alle diese Variationen sind in den vier Formen vom morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Standpunkte aus sattsam erörtert, ihre unmittelbare Verwendung für die specielle Systematik geht über den Vorwurf der vorliegenden Arbeit hinaus. Ich habe die Wahl unter den von mir untersuchten Coprinusarten so getroffen, dass in ihrer speciellen Darlegung alle die morphologisch wichtigen und hervortretenden Momente eine Berücksichtigung fanden, welche mir unter der Zahl der untersuchten Formen begegnet sind.

Bei den Agaricinen im Allgemeinen (bei gymnocarpen und angiocarpen Formen) habe ich die Haupttypen von Coprinus, soweit ich bis jetzt untersuchte, wiedergefunden; ich unterlasse es, näher auf sie einzugehen und bemerke nur, dass hie und da vorkommende Stäbchen, von denen *Eidam*[1]) einige beschrieben, niemals keimten, ihre Bildung eher aufhörte, als die ersten Anlagen von Fruchtkörpern gebildet wurden.

Nur 3 Hauptpunkte bedürfen noch einer eingehenden Besprechung: der Annulus superus, der oben im Stiel angewachsen ist und die bekannten Manchetten bildet, der Annulus intermedius, der dem Stiel angewachsen etwas tiefer etwa auf $^2/_3$ oder $^3/_4$ seiner Höhe vorkommt und endlich die gewaltigen Strangbildungen, welche in Form von Rhizomorphen dem Entwicklungsgange der Agaricinen angehören.

Alle drei Punkte können in der Untersuchung von 2 Pilzen, einer Amanita und einem Agaricus ihre Erledigung finden. Der Annulus superus findet sich bei Amanita vor, der Annulus intermedius und die Rhizomorphen sind, die letzteren vorzugsweise, dem Agaricus melleus eigen.

Ich beginne mit der Amanita muscaria.

---

[1]) *Eidam*, zur Kenntniss der Befruchtung bei den Agaricinen-Arten. Botanische Zeitung 1875; ferner *Eidam*, Ueber die Entwicklung der Geschlechtsorgane bei den Hymenomyceten Naturf. Versammlung in Graz 1875.

Amanita muscaria.

Die jüngsten Stadien der Fruchtkörper von Amanita finden sich an den Standorten des Pilzes in der Erde vor. Sie haben eine mehr oder weniger runde Form und sitzen als kleine Knöllchen (Taf. IX, Fig. 4) dem Mycelium auf. Dieses lebt in der Erde und besteht wie alle Mycelien dieser Pilze aus den bekannten Hyphenelementen. Combinationen dieser Hyphen zu Strängen habe ich an den Mycelien nicht finden können, und, wo sie sich zeigten, konnten sie als secundäre Bildungen, aus dem Basaltheile der Fruchtkörper entsprungen, nachgewiesen werden. Ich möchte darum glauben, dass Strangbildungen dem Mycelium nicht eigen sind und die Fruchtkörper an einzelnen Fäden entstehen, wie bei Coprinus. Leider machen es die zu grosse Mächtigkeit des Pilzes und seine Fructification in bestimmter Jahreszeit schwierig, diese Frage im Wege der Cultur sicher zu entscheiden.

Die jüngsten Fruchtanlagen in Form kleiner Knöllchen bestehen aus einer dichten Verbindung von Hyphen, in welcher die Ausdehnung der Hyphenelemente zum Primordium des Stieles eben begonnen hat (Fig. 4). Sie erfolgt nicht in allen Fäden gleichzeitig, sondern hebt in einzelnen unter diesen an. Als natürliche Folge dieses vereinzelten Auftretens erscheint das Primordium des Stieles aus zwei heterogenen Elementen zusammengesetzt, nämlich aus Hyphen mit grossen Gewebszellen untermischt, welche letztere aus den einzelnen Hyphen durch Dehnung und Streckung natürlich hervorgegangen sind. Bereits bei sehr jugendlichen Anlagen macht sich an der Spitze die Bildung des Hutes bemerkbar als eine locale eng begrenzte, äusserst lebhafte Entwicklung neuer feiner Hyphenelemente, die dem Primordium des Stieles entsprossen und etwas unter der Oberfläche am dichtesten erscheinen (Fig. 4_2).

In den nächsten Stadien sind beide Theile gewachsen, die Anlage des Hutes und das Primordium des Stieles. Nur auf Längsschnitten erkennt man die schwache kuppelförmige Wölbung der Hutanlage (Fig. 5_2), während im Stiel mehr und mehr grosse Gewebszellen aus den Hyphen durch Streckung erzeugt werden, die nun die Grundmasse zu bilden scheinen, zwischen welcher sich die Hyphen in bogenförmigem Verlaufe erstrecken[1]). Von beiden Anlagen, dem Stiel und dem Hut, ist zunächst der erste ganz vorzugsweise gefördert, zwar so, dass die Hutanlage förmlich umwallt wird, und selbst in Stadien des Fruchtkörpers von der Grösse einer kleinen Wallnuss nur im Centrum des Scheitels äusserlich als schwache Wölbung sichtbar ist. An Längsschnitten aber werden alle Einzelheiten so deutlich als möglich. Auf dem mächtigen breiten, fast flachen primordialen Stielknollen sitzt in der Mitte die Hutanlage. In ihrer Masse sind Hut im engeren und eine peripherische Volva in aussergewöhnlicher Mächtigkeit unterscheidbar (Fig. $6_{1\text{ u. }2}$). Beide bilden im Anfange die Grundmasse der Hutanlage, aus welcher erst später durch secundäre Differenzirung aus der gleichförmigen und gleichentstehenden Hyphenmasse der Hut als innerer Kern im Gegensatze zur Volva als peripherische Umhüllung hervorgeht. Die Elemente beider, gleichen Ursprungs, gehen auch unmittelbar in einander über, die Grenze zwischen ihnen wird nur dadurch schon früh sichtbar, dass die Vermehrung der Volva von aussen nach innen fortschreitend bereits nachlässt, während sie gerade im Hute am energischsten fortdauert. Die Hyphen der Volva, die an der Peripherie zuerst zu wachsen aufhören, dehnen sich, den innern Wachsthumsvorgängen und der damit verbundenen Vergrösserung des Ganzen zu folgen, in ihren Zellen zu grossen Blasen aus, die aber nicht zerfallen, sondern im losen Verbande mit einander bleibend ein Scheinparenchym bilden, welches ganz identisch ist mit dem des Coprinus ephemeroides (Fig. 1 u. 2*a* und $b_{2\text{ u. }6}$). Durch die Fortdauer dieser Veränderungen der Volva in centripetaler Richtung einerseits, durch fortdauerndes Wachsthum des Hutes selbst anderseits, wird die natürliche Verbindung beider Theile, der Volva und

---

[1]) In den Figuren 4 und 5 ist die Structur des Stielprimordiums aus grossen blasenförmigen Zellen, zwischen welchen die noch unveränderten Hyphen verlaufen, nur schematisch angedeutet. Ich habe eine besondere Figur mit ausführlichen Details beizugeben unterlassen, weil sie zu grossen Raum beanspruchte, und weil es aufs leichteste möglich ist, sich aus der Beschreibung eine natürliche Vorstellung von dem wirklichen Sachverhalte zu bilden.

des Hutes, naturgemäss von selbst gelockert. Eine weitere substantielle Veränderung in den äussern Hyphen des Hutes trägt dazu bei, sie vollends zu lösen. Die Hyphen der eigentlichen inneren Hutoberfläche bekommen in einer beträchtlichen Zone dicke und quellungsfähige Membranen. Diese Zone erscheint darauf, durch Verdrängung der Luftinterstitien zwischen sich, durchscheinend und geschlossen und macht die Abgrenzung von Hut und Volva dem blossen Auge zugänglich (Fig. 6 u. 7). Von nun an ist die Verbindung beider eine so lockere, dass sie durch die weitere Ausdehnung des Hutes von selbst gelöst werden muss. Die Volva vergrössert sich durch elastische Dehnung nur wenig, sie zerreisst in einzelne Theile, welche dann als Warzen der freien gelatinösen und darum scheinbar glatten Huthaut als die bekannte Volva ankleben.

In eben dieser Zeit, in welcher sich die Begrenzung von Volva und Hut in der Hutanlage an der Peripherie vorbereitet, vollzieht sich im Innern die Bildung der Lamellen und des Hymeniums auf diesen. Anders als in den bisher betrachteten Fällen verlaufen hier bei Amanita die ersten Vorgänge der Lamellenbildung, und sie tragen auch noch am Ende gleichsam das Erinnerungszeichen eines anderen aber höchst charakteristischen Ursprunges.

Für die Formen des Coprinus war es typisch, dass die Lamellen auf der freien Innenseite des Hutes sich ausbildeten, und dass sie nach innen centripetal sich verbreiternd zugleich nach dem Hutrande mit diesem eine Verlängerung erfuhren. Bei Amanita hingegen wird eine Innenseite des Hutes niemals frei, sie existirt gar nicht zu der Zeit, wo die Lamellen sich bilden. Die Hutanlage sucht sich vergebens als compacte Masse zu erheben, sie bleibt seitlich eingeschlossen von dem enorm wachsenden Primordium des Stieles, auf welchem sie entsteht. In ihren ersten Stadien bestand die Anlage aus fast gleichförmigen Hyphen (Fig. 4 u. 5), darauf zeigte sich in der schwachen äusseren Kuppel die Abgrenzung von Hut und Volva (Fig. 6) angedeutet: mit dieser beginnt nun auch im Innern die weitere Differenzirung.

Der in der Mitte axil verlaufende Theil wird zur Fortsetzung des Stielprimordiums, des Kolbens, und wächst später zum eigentlichen Stiele heran. In der Hyphenmasse, die nicht zum Stiel und auch nicht zur Hutwand wird, die auf der Grenze von beiden liegt und beide verbindet, wird das Hymenium, die Lamellen, angelegt. Die Lage des Hutes ist im Anfange eine so flache, dass die Hyphen, welche von den Seiten des centralen Stieles zum Hut ver-

laufen, nur einen schwachen Bogen machen. An der Stelle, wo sie umbiegen, erzeugen sie aus sich das Hymenium des Pilzes und markiren erst hierdurch die innere Grenze der Hutwand im Gegensatze zu den Lamellen. An einzelnen Partien dieser Hyphen, welche also dem Stiel und dem Hute, so lange beide im Innern nicht differenzirt sind, angehören, beiden gemeinschaftlich sind, erfolgt eine lebhafte Verzweigung, und aus der regelmässigen Verzweigung bildet sich die Basis der einzelnen Lamellen aus. Die einzelnen Partien der Hyphen treten regelmässig und unmittelbar neben einander auf, die ganze Masse der Hyphen erscheint in einzelne radienartig gestellte Bündel gesondert, die sich unmittelbar begrenzen, ohne Hyphen zwischen sich zu lassen, welche theilnahmlos bleiben.

Diese Vorgänge der Bildung heben in einer im Hute kreisförmig tangential gelegenen Zone an und schreiten von hieraus centripetal fort. Die Verzweigungen, welche an den einzelnen Hyphenbündeln erfolgen, durch welche sie gleichsam gegeneinander abgegrenzt werden, sind genau dieselben, wie wir sie früher an den frei entstehenden Hyphenbündeln der Lamellen von Coprinus kennen lernten. Die Verzweigungen können nicht apical entstehen, weil die Spitze nicht frei ist, sie entstehen im Verlaufe der nicht freien Hyphen und ordnen sich seitlich, als ob sie an der Spitze lägen. Die Lamellen haben gleichsam eine Haube, welche die Spitze einnimmt, ihre Bildungsstätte liegt unter dieser. Ist die erste Anlage einmal erfolgt, so schreitet die Verlängerung in centripetaler Richtung fort (Fig. 8) und die weitere Ausbildung, resp. das weitere Wachsthum der Lamellen, ist dasselbe wie beim Coprinus. *De Bary*[1]) hat auf tangentialen Längsschnitten bei Amanita rubescens und muscaria beobachtet, dass nach der ersten Anlage der Lamellen die Zwischenräume zwischen diesen von Gewebsplatten ausgefüllt werden, welche gleichfalls messerförmig mit der Schneide nach oben gekehrt und etwas schmäler sind als die Lamellen selbst; die Grenze zwischen den letzteren und den interstitiellen Platten wird durch eine sehr dünne lufthaltige Schicht bezeichnet. Diese Gewebsplatten habe ich bei Amanita muscaria nicht finden können, weder im Beginn der Lamellenbildung, wo sie als Schneiden gleich den Lamellen eine auffällige Erscheinung (der Beschreibung des Autors nach) sein müssten, noch in späteren Stadien von denen *de Bary* sagt: »die inter-

---

[1]) Morphologie der Pilze Seite 71.

stitiellen Platten sind nicht mitgewachsen; an ihrer Stelle liegt zwischen den Lamellen theils ein vielfach durchbrochener, lockerer feinfadiger Filz, der bald völlig verschwindet, theils dürften ihre Reste in den feinen leistenförmigen Hervorragungen zu suchen sein, welche sich von der Stieloberfläche aus zwischen die Lamellenschneiden einschieben und späterhin auf jener wie feine Faltungen erscheinen.« Dieser letzte Passus ist mir nach meinen Beobachtungen an Amanita muscaria unverständlich geblieben.

Der wesentlichste Unterschied in der Lamellen-Anlage von Amanita und Coprinus besteht demnach darin, dass die Lamellen bei Coprinus auf der inneren freien Hutfläche entstehen als neue freie Vegetationspunkte, welche durch Spitzenwachsthum fortwachsen; dass bei Amanita hingegen die Anlage der Lamellen nicht auf der freien Innenfläche des Hutes stattfindet, weil diese zur Zeit der Anlage gar nicht da ist, dass sie vielmehr in einem neutralen Hyphenelemente vor sich geht, welches Stiel und Hut gemeinschaftlich (Fig. 8_2) ist, welches keinem von beiden angehört, weil beide noch nicht differenzirt sind, sondern erst durch diese Vorgänge der Lamellenbildung differenzirt werden. Weil die Bildung der Lamellen ursprünglich keine freie ist, sondern im Verlaufe von Hyphenbündeln erfolgt, die sich zu dem Zwecke der Lamellenbildung von einander sondern, so ist es natürlich, dass auch nachträglich die Lamellen an der Spitze nicht frei sind, sondern in die neutrale Hyphenmasse auslaufen, aus welcher sie hervorgingen (Fig. $8_{2\text{ u. }3}$). Und der Umstand, dass in der äusseren Zone dieser Hyphen die erste Anlage der Lamellen erfolgte, dass sie von dort centripetal fortschreitet, vermittelt es einfach, dass die neutrale Masse am Stiel verbleibt (Fig. $8_{1\text{ u. }2}$), und dass diese um so weiter vom Hute entfernt wird, je mehr die Lamellen durch centripetales Wachsthum fortschreiten sich zu verlängern, je breiter sie sich zwischen Hut und Stiel gleichsam einschieben (Fig. 8_{1-5}).

Die Anlage der Lamellen ist eine ausserordentlich frühe, und der Hut erfährt, nach dem ersten Auftreten der Lamellen im Gipfel des Hutes, nicht bloss nach unten Neubildungen, es findet auch in seiner ganzen Masse ein bedeutendes intercalares Wachsthum statt. Das letztere ist nothwendig um im Innern Raum zu schaffen für die Entwicklung, die Verlängerung der Lamellen in centripetaler Richtung. Je mehr der Umfang des Hutes zunimmt, um so grösser wird

der Abstand der innern Hutwand vom Stiel, der diesem Wachsthum nicht folgt. Nur so allein wird es den Lamellen möglich gemacht, centripetal zu wachsen, wozu ihnen sonst der Raum fehlen würde [1]).

Aber was ist die Folge dieses centripetalen Wachsthums der Lamellen mit fortschreitender Ausdehnung des Hutes? — Es muss eine nachträgliche, nach den älteren Theilen allmählich zunehmende Verbreiterung der Lamellen eintreten, falls nicht ein Einschieben kurzer secundärer Lamellen zwischen die vorhandenen erfolgt. Diese kurzen Lamellen, welche wir vom Coprinus (Taf. IV, Fig. 4 u. 5) kennen, fehlen hier thatsächlich, und dementsprechend zeigen die Lamellen eine keilförmige Gestalt, sie verschmälern sich nach dem Stiele zu in centripetaler Richtung ganz erheblich (Taf. IX, Fig. 8).

Die Hymenialelemente der Lamellen werden am innen gelegenen Vegetationsheerde angelegt und bedecken in geschlossener Pallisadenzone beide Flächen der Lamellen. Ihre weitere Entwicklung findet nicht oder nur unbeträchtlich statt, so lange die Lamellen noch an ihrem inneren Vegetationspunkte wachsen. Ob nun, während dies geschieht, noch nachträglich in den bereits angelegten Lamellentheilen neue Pallisadenelemente zwischen die vorhandenen eingeschoben werden, ob also eine intercalare Vermehrung der Hymenialtheile unabhängig vom Vegetationsheerde eintritt, hierüber ist im Wege der Beobachtung so wenig, wie früher beim Coprinus, eine sichere Entscheidung zu treffen; man kann das Einschieben nicht sehen, und Messungen sind nicht möglich ohne Eingriffe, die den Pilz tödten, die also das Wachsthum, welches man messen will, von vorn herein sistiren. Wir sind darum auf Wahrscheinlichkeitsschlüsse angewiesen, welche etwa aus anderen Beobachtungen sich herleiten lassen. Nach diesen nun wird eine Lamelle an ihrem Vegetationspunkte mit geschlossener Pallisadenzone so vollständig angelegt, dass ein nachträgliches Einschieben von der Trama aus seine Schwierigkeiten haben würde; wir können desshalb wohl mit einigem Grunde annehmen, dass dies, wenn überhaupt, in nicht sehr bedeutenden Verhältnissen geschehen kann.

In der bisherigen Vorstellung wurde das centripetale Wachsthum der

---

[1]) Der centri- und basipetale Aufbau der Lamellen ist bei Amanita muscaria deutlich zu erkennen; er scheint aber bisher nicht beachtet zu sein, wenigstens habe ich an keiner Stelle der Literatur hierüber eine Andeutung gefunden.

Lamellen allein in Betracht gezogen, wir müssen uns jetzt noch ihrer gleichzeitigen Verlängerung vom Gipfel nach dem Rande des Hutes zuwenden.

Ich führte bereits an, dass die Anlage der Lamellen oben im Gipfel der Hutanlage anhebt, und von da nach unten, also nach dem Rande des Hutes, fortschreitet. Durch successive Querschnitte können wir uns hiervon leicht überzeugen und die Einsicht gewinnen, dass die Hutanlage selbst noch am Rande in der Fortbildung begriffen ist, wenn bereits oben die Lamellen angelegt und zu beträchtlicher Länge herangewachsen sind. Diese Fortbildung des Hutes in centripetaler Richtung, also die Verlängerung des Hutes, hat auch eine Verlängerung der Lamellen zur Folge, die sich vom Gipfel des Hutes nach dem Rande erstrecken. Die unteren Partien ein und derselben Lamelle müssten nun aber in dem Maasse von den oberen Theilen, die zuerst angelegt sind, verschieden ausfallen, als der Umfang des Hutes nach unten ein ungleich bedeutenderer wird, also auch ein und dieselben Lamellen auf eine grössere Raumfläche vertheilt werden; die Lamellen müssten nach unten ungleich breiter werden, wenn nicht dieser grösseren Raumzunahme conform immer neue Lamellen zwischen den vorhandenen angelegt würden. Die Anlage dieser secundären Lamellen erfolgt in der neutralen noch undifferenzirten Hyphenzone, in welcher die Lamellen nach unten fortgebildet werden, sie erfolgt nicht zwischen den älteren schon vorhandenen primären Lamellen, sondern mit diesen zugleich an der Stelle, wo sie differenzirt werden, also in dem unteren Vegetationsrande resp. der Differenzirungszone des Hutes. Diese Art ihrer Bildung ist für ihre Lage und ihre Gestalt massgebend. Die secundären Lamellen erstrecken sich in centripetaler Richtung, genau wie die primären, bis zum Stiel, sie sind in dieser Beziehung ihnen gleich, sind also auch dem Stiele angewachsen, und daraus folgt, dass wir auf Querschnitten die Lamellen als primäre und secundäre nicht unterscheiden können, weil sie hier alle die gleiche Länge haben. Es gibt also keine kürzeren und längeren Lamellen, wie sie ein Querschnitt vom Hute des Coprinus (man vgl. Taf. IV, Fig. 4 u. 5 mit Taf. IX, Fig. 8) auf den ersten Blick zeigt, und wenn wir das Modell der Lamellen nach dem Coprinus nehmen wollten, so würden wir schliessen müssen, es fehlten die secundären Lamellen. Dieser Schluss aber würde ein durchaus irriger sein, weil sie in jeder beliebigen anderen Ansicht sichtbar sind.

Der wesentliche Unterschied der secundären Lamellen von den primären besteht in ihrer geringeren Längenausdehnung vom Gipfel des Hutes nach seinem Rande. Sie gehen nicht bis in den Gipfel, sondern endigen plötzlich (in verticaler Richtung) in einer horizontalen Fläche. Diese secundären Lamellen decken nach unten die grösseren Raumverhältnisse, die mit der Längenzunahme des Hutes in seinem peripherischen Wachsthum geschaffen werden. In ihrer Structur stimmen sie mit den primären völlig überein; jede von ihnen endigt aber in verschiedener Höhe nach dem Hutgipfel, sie haben also alle eine ungleiche Länge.

Die weitere Entwicklung des Fruchtkörpers nach der Anlage seiner sämmtlichen Elemente ist nicht wesentlich abweichend von Coprinus. Die Lamellen hören centripetal und centrifugal auf sich zu verbreitern und zu verlängern; inzwischen beginnen die weitere Ausbildung des Hymeniums und die Vorgänge der Streckung.

Beim Wachsthumsstillstande der Lamellen bleibt eine nicht unbeträchtliche Partie derjenigen neutralen Hyphenelemente, in welchen die Lamellen ursprünglich entstanden sind, unverwendet übrig, sie gehen nicht ihrer ganzen Masse nach in die Bildung der Lamellen auf. Sie befinden sich in der Zeit, wo die Lamellen zu wachsen aufhören, nach innen zu an der Stelle, wo sie ursprünglich waren und haben in ihrer Hyphennatur noch fast die gleiche Beschaffenheit, welche sie im Anfange hatten (Taf. IX, Fig. 8_2). Auch auf dem Querschnitte hat ihre Mächtigkeit sich kaum verändert. Sie umgeben den Stiel, gehen nach der einen Seite in seine Oberfläche über, nach der anderen in die Trama der Lamellen; die ganze Länge der eingeschobenen Lamellen trennt sie von der inneren Hutwand, der sie vordem ebenso wie dem Stiele unmittelbar angewachsen waren (Fig. 8).

Mit der Streckung des centralen Stieles, die im Gipfel wie bei Coprinus vor sich geht, und mit der Streckung und Aufspannung des Hutes naht die Entscheidung über die weiteren Schicksale dieses neutralen Hyphenrestes, der ursprünglich nicht Stiel noch Hut war und schliesslich versäumte Lamelle zu werden.

Die eigentlichen centralen Elemente des Stieles, mit welchen der in Rede stehende Hyphenrest an der Oberfläche in Verbindung steht, lockern durch Dehnung und Streckung ihrer Zellen diese Verbindung, weil die Hyphen weder

wachsen noch sich strecken, also nur eine ihrer Elasticität entsprechende passive Dehnung erfahren können. Durch die Aufspannung des Hutes, die eine Entfernung der Lamellen vom Stiel zur Folge hat, werden sie zugleich in anderer Weise in Mitleidenschaft gezogen. Sie sind der Stieloberfläche und den Lamellen angewachsen; die Trennung der Lamellen vom Stiele versetzt sie darum in radiale Spannung. Bei den durch die Aufspannung wachsenden Distanzen zwischen Lamellen und Stiel kann es sich nach Ueberschreitung ihrer Elasticitätsgrenze nur mehr darum handeln, wo ein Abreissen erfolgt. Es muss an der schwächeren Stelle geschehen, und als solche erweist sich die Verbindung mit dem Stiel. Von unten nach oben löst sich mit der Aufspannung die Hyphenmasse vom Stiele ab, nur im höchsten Gipfel des Stieles bleibt die Verbindung erhalten, an einer Stelle des Ueberganges vom Stiele in den Hut, die sich nicht streckt. In diesem Zustande überzieht die Hyphenmasse wie ein Schleier die Innenfläche der Lamellen. Aber auch der Schleier ist unhaltbar. Der Hut streckt sich zugleich in radialer Richtung vom Gipfel nach dem Rande, und wie sein Radius wächst, muss sich die unglückliche Haut von Neuem und diesmal in tangentialer Richtung dehnen. Sobald auch hier die Elasticitätsgrenze überwunden ist, müsste sie in Stücke zerreissen, wenn sie an allen Stellen gleich befestigt wäre. Dies ist sie nicht. Ihre stärkste Verbindung ist im Gipfel des Hutes, ihre losere auf den Lamellen; hier löst sie sich ab und schnellt wie ein gezogener Kautschukfaden zusammen in den Gipfel des Hutes. Die Lamellen sind fortan frei, wie die von anderen Agaricinen, die neutrale Hyphenmasse hängt als eine schwammige Haut aus dem Gipfel des Stieles über diesen hinab, der Lamellenschleier ist zur Manchette geworden, zum Annulus superus.

Der Hut von Amanita bekömmt mit dem Aufspannen keine Längsrisse, wie sie für die beschriebenen Coprinus-Arten charakteristisch sind, die grosse Quellungsfähigkeit und Elasticität der überaus mächtigen Huthaut, die sehr bedeutende Dimensionen (Taf. IX, Fig. 7) besitzt und aus dem dichtesten Geflecht von Hyphen mit gallertig gequollenen Membranen besteht, bewahrt sie vor einem solchen Schicksale. Eben weil nun aber die Huthaut des gespannten Hutes intact bleibt, können auch die Lamellen nicht aufgespalten werden, und in weiterer Folge kann die Entleerung der Sporen nicht durch einfachen Abfall von den gespaltenen und horizontal ausgebreiteten Hymenialflächen, wie beim Coprinus geschehen. Die Lamellen bleiben geschlossen, nur die Zwischenräume

wachsen zwischen ihnen mit der Aufspannung. In diese werden die Sporen durch schwache Ejaculation geworfen und fallen dann zu Boden.

An dem fertigen Fruchtkörper sitzt unten am Stiel der primordiale Stielknollen, der Bulbus, auf welchem der Fruchtkörper, der secundäre durch Streckung gebildete Theil des Stieles mit dem gehobenen Hute, gleichsam wie auf einem Postamente ruht. — Die Spannung im Hute zwischen der dicken Huthaut, die sich nicht streckt, und den sich streckenden übrigen Elementen ist eine beträchtliche, es reicht die geringste Verletzung aus, den Zusammenhang zu lockern, den Pilz in Trümmer zu zerbrechen [1]).

Wenn wir Amanita den unbeschleierten, den sogenannten gymnocarpen Agaricinen gegenüberstellen, so ist der Unterschied zwischen ihnen ein bedeutender. Für Amanita trifft daher die von *de Bary* hervorgehobene Unterscheidung der beschleierten Agaricinen von gymnocarpen Formen völlig zu: »dass sich ihr Fruchtkörper nicht durch einfach centrifugales Wachsthum eines Hyphenbündels aufbaut, sondern zuerst einen aus gleichförmigem Bildungsgewebe bestehenden Körper darstellt, in dessen Innerem die einzelnen Theile durch Differenzirung angelegt, gleichsam aus der homogenen Grundmasse heraus modellirt werden« [2]); für die übrigen mit Schleier versehenen Formen trifft sie aber nicht in gleichem Grade zu. Durch sie wird der Unterschied zwischen beschleierten und gymnocarpen Formen im Allgemeinen zu sehr hervorgehoben und die Abweichung der Amanita von den übrigen beschleierten Agaricinen nicht betont. Nach *de Bary* weicht Amanita vorzugsweise in der Volva von diesen ab, während sie gerade hierin eine graduelle Uebereinstimmung zeigen; dagegen bleibt die abweichende Art der Lamellenbildung unberücksichtigt, worin meiner Meinung nach das Hauptmoment der Verschiedenheit gegeben ist [3]). Wohl zum Theil

---

[1]) Die Zerbrechlichkeit der Schwämme, deren Hüte durch Aufspannung ausgebreitet werden, ist lediglich die Folge der Gewebespannung, die mit der Reife der Fruchtkörper durch ungleiche Dehnung und Streckung der Elemente zum Zwecke des Aufspannens an den verschiedenen Stellen Platz greift; sie ist darum weniger gross oder gar nicht vorhanden bei solchen Pilzen, die ihre Hüte nicht durch Gewebespannung entfalten, sondern von vorn herein durch natürliche Wachsthumsvorgänge schirmartig ausbreiten.

[2]) *de Bary*, Morphologie der Pilze p. 72.

[3]) In wie weit unter den beschleierten Agaricinen in der Bildung der Lamellen vereinzelte Annäherungen an Amanita vorkommen, werde ich später in einer umfassenden Untersuchung darlegen, die noch nicht völlig zum Abschluss gekommen ist. Es ist bei dieser Untersuchung noth-

hierdurch mag es gekommen sein, dass wir über die Natur der Volva, über die Abweichungen in der Ausbildung der Lamellen nicht ausreichend belehrt wurden, und dass namentlich die morphologischen Unterschiede der verschiedenen Schleier nicht mit genügender Schärfe präcisirt worden sind.

Nach meiner Ueberzeugung liegt aber in der richtigen Erkenntniss der erwähnten morphologischen Einzelheiten, in der graduellen Abweichung wie sie die verschiedenen Formen darbieten, und zugleich in der Uebereinstimmung in diesen wichtigen Charakteren, nicht bloss der Schlüssel für eine specielle Systematik dieser Pilze, wir gewinnen durch sie die überhaupt mögliche Einsicht in den genetischen Zusammenhang der Agaricinen mit den Hymenomyceten und beider mit der Gesammtmasse der Basidiomyceten.

Ueber beide Punkte, überhaupt über die natürliche Systematik der Basidiomyceten, wissen wir zur Zeit so gut wie nichts, man wusste bisher nicht einmal, wie man die Sache angreifen sollte, um diese Aufgabe von grosser Bedeutung der Lösung näher zu führen. Ich beschränke mich hier auf einige Notizen, bezüglich des weiteren auf den Schluss dieser Arbeit verweisend.

In der Amanita erkenne ich nach der Differenzirung des Fruchtkörpers, des Hutes und nach der Bildung des Hymeniums in diesem ein Zwischenglied zwischen den Agaricinen mit freiem Hymenium auf der unteren Seite und den typischen Gasteromyceten mit angiocarpen Fruchtkörpern. Offenbar sind nur in wenigen Formen die unzweifel-

wendig, auf junge Stadien von Fruchtkörpern zurückzugehen, die oft schwer zu beschaffen sind. Es braucht z. B. nur die neutrale Hyphenzone, worin die Lamellen entstehen, schliesslich ganz in die Bildung der Lamellen aufzugehen, so ist im fertigen Fruchtkörper kein Annulus superus vorhanden, und es macht den Eindruck, als ob das Hymenium auf der freien Innenseite des Hutes entstanden wäre. Eine Deutung in diesem Sinne würde aber unrichtig sein, wenn die Entwicklungsgeschichte lehrte, dass die Lamellen nicht frei entstehen. Bei Amanita vaginata (wo die Volva im Gipfel des Hutes aufreisst und als einheitliches Gebilde am Fusse des Stieles sitzen bleibt) ist z. B. keine Manchette vorhanden; ob aber hier die Lamellen, abweichend von Amanita muscaria, frei entstehen, kann aus dem Mangel der Manchette allein nicht erschlossen werden. Hierfür ist die Untersuchung des in der Entwicklung begriffenen Fruchtkörpers entscheidend. Im speciellen Falle bei Amanita vaginata habe ich bis jetzt noch keine geeigneten Bildungsstadien auftreiben können. Falls aber in Wirklichkeit die Lamellen frei entstehen, würde Amanita vaginata von der Gattung Amanita abzutrennen sein, denn gerade darin, dass die Lamellen bei dieser nicht frei entstehen, liegt meiner Auffassung nach der wesentlichste natürliche Charakter der Amanita gegenüber anderen beschleierten Formen ausgesprochen, in weit geringerem Grade dagegen in der starken Ausbildung der Volva.

haften Andeutungen des angiocarpen Ursprunges der Agaricinen erhalten geblieben, und zu diesen gehört Amanita. Schon in der Differenzirung der äusseren Theile des Hutes in 3 Schichten, in eine äussere: Volva, eine mittlere (aus gallertig verdickten Hyphen): die Huthaut und eine innere: die Masse der Hutwand, treten deutliche Anklänge an die Peridien der Gasteromyceten hervor. Von diesen Differenzirungen verliert sich die äussere, die Volva, in langsamen Abstufungen, wie wir sie z. B. bei den Arten von Coprinus kennen lernten; bei den beiden andern erlischt oft die scharfe Scheidung der Schichten. Die Bildung des Hymeniums im Innern des Fruchtkörpers ist ganz analog den Vorgängen bei den Gasteromyceten. Amanita ist gleichsam ein Gasteromycet, dessen Fruchtkörper sich von unten öffnet, dessen Oeffnung einmal vorbereitet wird durch die Reste des neutralen Hyphenelementes, worin die Lamellen entstehen, welche aber namentlich mit der Streckung des centralen Stieles unausbleiblich ist, dessen jetzige Differenzirung jüngeren Ursprunges sein dürfte als die des Hutes, wenn sie auch zur Zeit früher und auffälliger auftritt. Ist demnach in den angeführten Thatsachen die nahe Beziehung der Amanita zu den Gasteromyceten dargethan, so kann weiterhin die Ableitung der Agaricinen von Amanita- ähnlichen Formen nicht zweifelhaft sein. Die Volva und das Velum superum, die Manchette, sind die Rudimente angiocarper Herkunft, sie gehen verloren, das Hymenium wird frei und entspringt auf der Innenseite des Hutes, die mit der Aufspannung zu seiner Unterseite wird. Die sogenannten gymnocarpen Agaricinen sind aus den noch zum Theil angiocarpen Formen hervorgegangen, welche die Brücke zu den Gasteromyceten bilden, und ohne Zweifel die jüngeren und höchst differenzirten Formen der Familie der Agaricinen. Und eben weil sie aus angiocarpen Fruchtkörpern durch Oeffnung von unten entstanden sind, eben desshalb tragen sie das Hymenium auf der unteren Seite: ein Umstand von grosser morphologischer Bedeutung, auf den man auch schon früh einen systematischen Werth gelegt hat.

Ob auch die Thelephoreen[1]) Agaricinen sind, bei welchen die bestimmte Form des Hymeniums erloschen ist, das will ich dahin gestellt sein lassen, es

---

[1]) Es ist auch möglich, dass die Thelephoreen niedrigere Formen sind als die Agaricinen, welche unabhängig von diesen aus den Gasteromyceten entstanden sind und zwar aus Formen, in welchen eine weitere Differenzirung des Hymeniums überhaupt noch nicht eingetreten war.

scheint mir wahrscheinlich; jedenfalls aber entsprechen den Agaricinen als gleichwerthige Zweige, welche unabhängig von diesen von den Gasteromyceten ausgehen, die Hydneen und die Polyporeen, die nur durch eine andere Form des Hymeniums in Röhren oder Stacheln von den Agaricinen verschieden sind. Der Höhepunkt dieser beiden Familien ist zur Zeit in den Formen gegeben, bei welchen die Marginalzone des Hutes fortbildungsfähig bleibt. Auf diesem Wege entstehen die Riesen der Pilzwelt, die zugleich in ihrer wunderbaren Architectur als Endpunkte der Entwicklung und als Höhenpunkte der bis jetzt bei den Pilzen erreichten morphologischen Differenzirung gelten müssen.

Wenn es nun richtig ist, dass die verschiedenen Reihen der Typen mit dem Hymenium auf der Unterseite von den angiocarpen Gasteromyceten abstammen (aber wohl schwerlich von den jetzt lebenden, sondern von früheren ausgestorbenen Formen), wenn es weiter richtig ist, dass wesentlich mit in dem Umstande, dass sie das Hymenium auf der Unterseite tragen, dieser angiocarpe Ursprung angedeutet ist, so kann es unmöglich correct sein, diese abgeleiteten Typen als gymnocarpe zu bezeichnen, es kann um so weniger zutreffend sein, als diese Bezeichnung schon für die rein gymnocarpen Formen der Tremellinen und Clavarieen, die das Hymenium oberflächlich an der Oberseite tragen, verwendet ist. Um hier in einem kurzen Ausdruck den Unterschied zu betonen, der zwischen diesen und jenen besteht, nenne ich die erwähnten abgeleiteten Typen semiangiocarpe Hymenomyceten. Die systematische Beziehung dieser zu den rein gymnocarpen Tremellinen und Clavarieen werde ich erst in einem späteren Abschnitt an die Tremellinen anschliessend besprechen können.

Agaricus melleus.

Den bereits mitgetheilten Untersuchungen über Agaricinen schliesse ich an dieser Stelle nur noch den Agaricus melleus an. Der Pilz ist durch den Annulus intermedius am Fruchtkörper ausgezeichnet und vornehmlich noch durch seine hoch differenzirten vegetativen Zustände — durch die Rhizomorphen — von dem grössten morphologischen Interesse. Diese zwei Punkte ergänzen die bei den Agaricinen überhaupt wesentlichen morphologischen Momente zu einem geschlossenen Ganzen.

Die Fruchtkörper sowohl, wie die Rhizomorphen des Agaricus melleus sind in der neuesten Zeit von *R. Hartig*[1]) in vortrefflicher Weise untersucht und dasjenige, was ich hier mittheile, bildet nur eine Ergänzung der Beobachtungen *Hartig's* nach einer Richtung, die *Hartig* unzugänglich war, die erst durch meine Culturmethoden erschlossen worden ist.

Die Rhizomorphen, welche bis auf *Hartig* für Pilzbildungen unbekannten Ursprunges und unbekannter Fructification galten, sind wegen ihrer auffälligen Erscheinung und grossen Verbreitung überaus häufig Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Bald war die Erforschung ihrer anatomischen Structur, ihres morphologischen Aufbaues, bald die weitere Entwicklung zur Fructification das Ziel, welches die Beobachter anstrebten. Die ältere Literatur ist in der Morphologie der Pilze von *de Bary* angegeben, ich begnüge mich mit einem Hinweise auf sie. Von *de Bary* selbst haben wir über den Bau der Rhizomorphen eine Untersuchung, welche bis zur Erörterung der Frage nach einem eventuellen

---

1) *R. Hartig*. Wichtige Krankheiten der Waldbäume, Agaricus melleus p. 12—36. Berlin 1874 bei Julius Springer.

Zusammenhange mit einem fructificirenden Pilze gelangt ist, und sie dahin entscheidet, dass wir den Pilz der Rhizomorphen in seiner Frucht zur Zeit nicht kennen[1]. Später glaubte *Fuckel*[2]) einen Ascomyceten, den er in Perithecien an den Rhizomorphen fand, in diesen Früchten als Fruchtform der Rhizomorpha, diese selbst als seine vegetativen Zustände ansprechen zu sollen, als bald darauf *R. Hartig*[3]) den wahren Zusammenhang in anderer Form mit untrüglicher Klarheit nachwies. Die günstigen äusseren Verhältnisse, in denen sich *Hartig* in Neustadt-Eberswalde für Beobachtungen solcher Art im Freien befindet, führten ihn, sobald er anfing sie consequent zu verfolgen, sehr bald zur Auffindung der Rhizomorphenfrüchte.

Die Rhizomorphen rufen die Krankheit des Harzstickens hervor, sie tödten die von ihnen befallenen Kiefern, und sind als Erzeuger einer ansteckenden gefährlichen Krankheit unter den Waldbäumen forstwirthschaftlich von grosser Bedeutung. Zunächst mit den Studien über diese Krankheit und ihren Zusammenhang mit der Rhizomorpha beschäftigt, den *Hartig* zuerst sicher erwiesen hat, fand er im Laufe der Untersuchung die fructificirenden Rhizomorphen. Ganz zu Ende der Jahreszeit, im Spätherbst, beginnen die Rhizomorphen zu fructificiren. Sie erzeugen nach dem Aufbrechen der schwarzen Rinde aus ihrem Innern die längst bekannten Fruchtkörper des Agaricus melleus. Eine Reihe vortrefflicher Abbildungen zeigt die Vorgänge der Keimung aus den Rhizomorphen in ihren Anfängen und die weitere Entwicklung der Fruchtkörper[4]). Ich kann diese Beobachtungen *Hartig's* nach eigener Anschauung in allen Punkten bestätigen und zugleich bemerken, dass die Keimung der Fruchtkörper ein rein vegetativer Vorgang ist und so erfolgt, wie die Keimung des Coprinus aus den Sclerotien, nur mit dem Unterschiede, dass die Keimung aus dem Innern der Rhizomorpha und nicht aus oberflächlichen Zellen vor sich geht. Zuerst wird aus den aussprossenden Hyphen ein dicker Stiel gebildet, an dessen Spitze durch Aussprossungen, welche denen von Coprinus gleich sind, der Hut in wesentlich gleicher Weise wie dort angelegt wird.

Schon *Hartig* legte an den jugendlichen Stadien in überzeugender Weise

---

[1]) *de Bary*, Morphologie der Pilze S. 22—29.

[2]) *Fuckel*, Botanische Zeitung, 1870, Nr. 7.

[3]) *R. Hartig*, l. c. wichtige Krankheiten der Waldbäume.

[4]) *Hartig*, l. c. Taf. II.

dar, wie die untere Seite der jungen Hutanlage ursprünglich frei ist[1]) und erst in etwas späteren Stadien nicht mehr frei erscheint, weil die Hyphenspitzen, welche den fortwachsenden Rand des Hutes einnehmen, mit ähnlichen Hyphenaussprossungen in Berührung kommen, welche vom Stiele ausgehen und vorzugsweise reichlich sind an der Stelle, wo der nach unten umgebogene, sogar an der äussersten Peripherie etwas eingebogene Rand des Hutes dem Stiele sich nähert. Seine Beobachtungen betreffs dieses Punktes stellt *Hartig* denen von *de Bary* gegenüber, die dieser an anderen, dem Agaricus melleus nahestehenden Formen beschleierter Agaricinen ausgeführt hat. Nach *de Bary*[2]) tritt die Hymenialfläche im Innern der jungen Fruchtanlage auf, sie wird hier gebildet durch fortschreitende Differenzirung der ursprünglich geschlossenen Hyphenmasse des Fruchtkörpers. Dieser Auffassung *de Bary's* entsprechen nun, wie *Hartig* zeigt, die Beobachtungen an älteren vorgeschrittenen Entwicklungsstadien der Fruchtkörper von Agaricus melleus[3]), nicht aber die Befunde der jüngsten Anlagen.

Hartig hatte für diese Beobachtungen in dem Agaricus melleus insoweit ein günstiges Object gefunden, als der Stiel bereits vor der Anlage des Hutes zu einer beträchtlichen Länge heranwächst, und beide Vorgänge, die Bildung des Stieles und des Hutes auf diesem, eben hierdurch so weit auseinander geschoben werden, dass sie unabhängig für sich leicht erkannt werden können. Bei den meisten verwandten Formen ist dies aber nicht der Fall. Hier tritt auf ausserordentlich kurzem Stiele die Hutbildung ein, der kurze Stiel ist von peripherischen Hyphen umgeben, in welchen die Vegetationsspitze, worauf der Hut entsteht, eingebettet liegt. Ebendarum kann man den frei entstehenden Hut auf Längsschnitten nicht sehen, er gelangt auch kaum zu einer sichtbaren Freiheit, weil die Randspitzen des jungen Hutes sogleich mit den Hyphen des Stieles in Verbindung treten. *De Bary* hat gewiss die jugendlichen Zustände auch richtig gesehen, seine Beobachtungen sind richtig, nur seine Deutung ist eine andere, aber nach den untersuchten Objecten berechtigte.

Es bestehen hier offenbar stufenweise Abweichungen in der Ausbildung der Fruchtkörper, und gerade diese Variationen sind, als die natürlichen Uebergänge von der Gasteromyceten ähnlichen Amanita zu den semiangiocarpen Agari-

---

[1]) *Hartig*, l. c. Taf. II, Fig. 16.

[2]) *de Bary*, Morphologie der Pilze, p. 69.

[3]) *Hartig*, l. c. Taf. II, Fig. 19.

cus-Formen, ebenso natürlich als wichtig. Aber eben weil sie bestehen, ist es nicht wohl möglich an dieser Stelle Abgrenzungen in grosse Abtheilungen mit ausgesprochenem Charakter vorzunehmen, wie sie *de Bary* zwischen seinen gymnocarpen und angiocarpen Agaricinen[1]) hat eintreten lassen; denn es gibt Mittelformen, für welche weder der Charakter der einen noch der der anderen Abtheilung völlig zutrifft. Dies ist auch hier der Fall, und darin liegt der Grund der Controverse trotz richtiger Beobachtungen beider Autoren[2]).

Durch die erwähnte Eigenthümlichkeit der frühen Ausbildung des langen Stieles beim Agaricus melleus, im Verein mit der hervorgehobenen Verbindung des Hutrandes mit dem Stiele durch die hier local auftretenden Hyphenaussprossungen, kommt nun ein besonderes Gebilde zu Stande, der Annulus intermedius, welches im anderen Falle bei anderer Art der Stielausbildung fast ebenso entsteht, nur nicht erhalten, wenigstens in der gleichen Form erhalten wird, wie beim Agaricus melleus, weil der Stiel weitere Veränderungen erfährt, welche den Annulus in Mitleidenschaft ziehen.

Beim Coprinus und auch bei anderen Agaricinen ist die Verbindung des Hutrandes mit den peripherisch dem Stiele entsprossenden Hyphen eine ähnliche wie beim Agaricus melleus. Sie tritt schon früh ein, wenn der Stiel noch sehr kurz ist, weil erst der Hut ausgebildet und darauf der Stiel durch Streckung verlängert wird. Diese Streckung erfolgt im Gipfel des Stieles zu einer Zeit, wo der Stiel so kurz ist, dass der zuerst gebildete Hut ihn fast bis zur Basis bedeckt. Die Verbindung des Stieles mit dem Hutrande durch Verwachsung der peripherischen Hyphen bleibt zunächst erhalten an der Stelle, wo sie ursprünglich eingetreten ist, denn wie der Hut über den Stiel wächst, ebenso wächst auch der Stiel langsam mit ihm, sie bleibt erhalten so lange, bis die letzte Streckung im Stiele anhebt. Nun fragt es sich, wo und wie die Ablösung der verbundenen in einander gewachsenen Hyphen erfolgt.

Bei Coprinus stercorarius und lagopus erfolgte die Ablösung ungefähr so, wie früher die Verwachsung entstanden war. Die Hyphen des Hutrandes zer-

---

[1]) *de Bary*, l. c. p. 60—73.

[2]) Es ist übrigens zu bemerken, dass *de Bary* selbst, p. 73 seiner Morphologie, bereits auf das Bedürfniss einer gründlichen Durcharbeitung der Agaricinen hingewiesen hat, um über die Natur aller als Schleier beschriebenen Ueberzüge eine klare Uebersicht zu bekommen, womit er seinen Darstellungen zugleich nur den Werth provisorischer, im Interesse des Buches ausgeführter Mittheilungen gibt.

fielen mit der Ausbildung der Huthaut zu Volvazellen. Aber schon beim Coprinus ephemeroides, wo die Hyphen reicher auftraten, ihre Verwachsung zwischen Stiel und Hutrand eine innigere, die Ausbildung der Huthaut aber eine weit schwächere war, blieb die Verbindung am Hutrande vorerst bestehen. Die Ablösung begann mit der Streckung des Stieles an dessen Basis, die verwachsene Hyphenmasse blieb am Hutrande sitzen und wurde an dem sich streckenden Stiele nach oben gezogen. Erst mit der Aufspannung des Hutes erfolgte dann auch ihre Ablösung vom Rande, und als Endresultat hatten wir den Annulus mobilis.

Uebertragen wir die Verhältnisse, wie sie beim Coprinus ephemeroides bestehen, auf den Agaricus melleus mit der Veränderung, dass sich hier der Stiel nicht in gleicher Weise wie dort im Gipfel streckt, dass er schon vor der Anlage des Hutes eine bedeutende Länge besitzt und mit dieser gleichzeitig auch an den übrigen Stellen wächst, so ist es ganz natürlich, dass die Verbindung des Hutrandes mit dem Stiele an der Stelle erhalten bleibt, wo sie entstanden ist, dass kein Abreissen vom Stiele erfolgt, weil keine Streckung in seiner Spitze dies veranlasst, dass vielmehr später mit der Aufspannung des Hutes eine Ablösung eintritt. Indem sie am Hutrande vor sich geht, am Stiel hingegen die Verbindung erhalten bleibt, entsteht der Annulus intermedius, welcher dem Stiel in seinem oberen Theile angewachsen ist im Gegensatze zum Annulus mobilis, welcher ihn in Form eines verschiebbaren Ringes lose umgibt. Dies ist der Ursprung des Annulus intermedius; er steht in der ersten Entwicklung dem Annulus mobilis nahe; das verschiedene Verhalten des Stieles bedingt später die grössere Ungleichheit in ihrer Erscheinung.

Vergleichen wir die verschiedenen Formen der beschleierten Agaricinen, so macht sich bei ihnen zuerst ein Zurücktreten der Schleier vom Gipfel des Hutes nach dem Rande bemerkbar; an diesem verschwinden sie zuletzt, und damit ist der Uebergang in die unbeschleierten Formen vollzogen.

Nach diesem kurzen Vergleiche des Annulus intermedius mit dem Annulus mobilis inferus, (deren beider Unterschied vom Annulus superus, der Manchette, keiner weiteren Erläuterung bedarf), wende ich mich der Entstehung der Rhizomorphen zu.

In den Sporen der nunmehr sicher erkannten Fructification der Rhizomorphen, in den Sporen des Agaricus melleus, war der natürliche Ausgangspunkt

gegeben, die Morphologie dieser interessanten Pflanze in ihren noch vorhandenen Lücken zu ergänzen, die Frage zu lösen nach der Bildung der Rhizomorphen, nach ihrer weiteren Differenzirung bis zur Fructification mit besonderer Berücksichtigung der Lebensweise, der Ernährung des Pilzes und seines parasitischen Lebens, welches eines experimentellen directen Beweises noch bedürftig geblieben ist.

Mit unendlich geringem Vertrauen in ein Gelingen der Versuche unternahm ich die Cultur des Pilzes. Es handelte sich um die Ausführung des Experimentes, einen der grössten Repräsentanten der Pilzwelt der exacten Culturmethode zugänglich zu machen, ein Experiment, welches eben in den gewaltigen Formen des Pilzes die grössten Schwierigkeiten findet, welches bisher niemals versucht ist, ja vor der Einführung meiner Culturmethoden[1]) nicht einmal versucht werden konnte.

Gegen Ende October 1875 sandte mir *Hartig* einen frischen stattlichen Fruchtkörper des Agaricus melleus, welcher eben seine Sporen abzuwerfen begann. Ich fing sie auf in einem reinen Uhrglase, welches ich eine Viertelstunde unter den Fruchtkörper stellte; darauf benetzte ich sie mit einem Tropfen verdünnten Pflaumendecoctes und vertheilte sie einzeln auf zahlreiche Objectträgerculturen. Schon am dritten Tage verschwand aus der ovalen an beiden Enden etwas zugespitzten Spore der Oeltropfen, den die reife Spore führt. Die Spore schwoll an und sehr bald kam ein Keimschlauch hervor. Er bildete durch Verzweigung Fäden von grosser Feinheit, in denen eben wegen ihrer Feinheit Scheidewände mit Sicherheit nicht unterscheidbar waren. Durch weitere Verzweigungen wurde nach etwa zwei Tagen aus dem Keimschlauche ein kleines äusserst zartes Mycelflöckchen gebildet. Weder Fusionen von Mycelfäden noch Schnallenfusionen, noch auch Stäbchenfructification nach Art des Coprinus lagopus und ephemerus wurden in den nächsten Tagen an den Mycelien sichtbar, die noch fortfuhren sich räumlich auszudehnen; nur traten jetzt in den Fäden deutlich Scheidewände hervor, wie wir sie bei den Coprinusarten kennen lernten. Etwa 8 Tage vom Beginn der Keimung an dauerte die langsame Vegetation des immerhin nur äusserst kleinen Myceliums, dann nahm es nicht mehr

---

[1]) Man vergleiche *Brefeld,* neue Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze, Sitzungsbericht der naturf. Freunde in Berlin, November 1875.

zu und stand in seiner Ausbreitung völlig still (Taf. X, Fig. 1—5). Hie und da hatten die Fäden kleine Anläufe zur Strangbildung genommen; die Zweige eines Fadens hatten sich zu Strängen zusammengelegt oder benachbarte Fäden eine seitliche Verbindung zu primitiven Strängen geschlossen, welche aber blieben, was sie im Ursprunge waren, nämlich blosse Combinationen von Fäden[1]). Die Stränge und die Fäden hörten zu wachsen auf und, als sie stillstanden, bekamen sie häufig krystallinische Incrustationen, die mitunter die Stäbchenfructificationen von Coprinus ephemerus täuschend nachahmten, sich indess in der Feuerprobe als oxalsaurer Kalk erwiesen.

In eben dieser Zeit, wo das Wachsthum der Mycelien in der Peripherie nachliess, bemerkte ich eine starke Verdichtung an einer oder mehreren Stellen in der Mitte des Myceliums. Die verdichteten Stellen nahmen zu, wölbten sich nach oben und wurden dann so mächtig, dass sie sich über den Tropfen erhoben. Hier hörten sie auf zu wachsen. Die dichten Massen, so am Mycelium entstanden, hatten die Gestalt von dicken meist runden Knäueln. Sie färbten sich bald oben gelb und später dunkel. Hierdurch traten sie noch deutlicher im fadigen Mycelium, welches in früherer Grösse als zartes Flöckchen die dichten Knäuel umgab, als besondere Bildungen hervor (Taf. X, Fig. 1). Ich machte in einzelnen Fällen Durchschnitte und fand, dass die Knäuel aus Hyphen bestanden, deren Zellen durch seitliche Dehnung sich nach Art der Sclerotien zu einem Scheingewebe verbunden hatten (Taf. XI, Fig. 1). Wie bei normalen Sclerotien hatten auch die peripherischen Elemente bereits eine Veränderung und Bräunung wie für den Dauerzustand erlitten.

Der erste Ursprung dieser Knäuel, dieser Sclerotien, musste in neuen Culturen mit Sorgfalt verfolgt werden. Es zeigte sich, dass eine vegetative Sprossbildung an einzelnen Fäden oder auch an mehreren nebeneinander verlaufenden Mycelhyphen diese Bildungen einleiten, nicht wesentlich anders, als wie wir sie von Coprinus stercorarius in dem Auftreten der Sclerotien kennen lernten. Nur die Verzweigung der Hyphen war hier eine weniger lebhafte und weniger andauernde als beim Coprinus; darum blieb das Sclerotium klein, und früher als dort begann die Dehnung der Zellen und die Bildung des Gewebes. In wenigen Fällen nur stand die Entwicklung der Sclerotien still, sie wurden

---

[1]) Aus diesen primitiven Strangbildungen gehen niemals Rhizomorphen hervor.

hart und unterschieden sich, in eine braune Rinde und ein helleres Mark differenzirt, nur durch die geringe Grösse von den Bildungen des Coprinus (Taf. X, Fig. 1—3). Der Regel nach kam in jeder Cultur von den meist in der Mehrzahl angelegten Sclerotien eines oder auch mehrere zur weiteren Entwicklung. Diese ging so vor sich, dass das Sclerotium nicht völlig in den Dauerzustand überging, sondern an einer und oft an mehreren Stellen, durch weiter fortdauernde Verzweigung an eben diesen Stellen, fortbildungsfähig blieb (Fig. 2 u. 3). Es traten an den Sclerotien, die sich nur primitiv als solche ausbildeten, eng begrenzte Vegetationspunkte auf, welche zu weiteren Vergrösserungen an diesen Vegetationspunkten die Veranlassung gaben. Einmal gebildet fuhren die Vegetationsspitzen fort als solche zu functioniren.

In den Culturen geschah dies aber nur an den Stellen, die von der Nährlösung bedeckt waren, also nicht auf der oberen Seite der Sclerotien, welche die Nährlösung durchbrach (Fig. 2 u. 3).

So wuchsen horizontal über den Objectträger hinweg aus den zuerst angelegten Sclerotien strangartige Gebilde hervor, hier in der Einzahl dort in der Mehrzahl (Fig. 3 u. 4). Diese neuen Bildungen waren rund und mächtig, so dick fast wie das Sclerotium selbst. Während die Vegetationsspitze, an ihrer hellen weissen Farbe kenntlich, sich durch Neubildung verlängerte, traten an den bereits gebildeten unteren Theilen braune Färbungen auf, wie an der Oberfläche eines Sclerotiums. Durch diese Veränderungen wurde die völlige äussere Uebereinstimmung der neu entstandenen Stränge mit veritablen Rhizomorphen des Agaricus und zwar mit der Form am meisten hergestellt, welche man Rhizomorpha subterranea nennt, eine Gleichheit, welche die anatomische Untersuchung betreffs des inneren Baues vollkommen bestätigte. Das kleine Mycelflöckchen, auf welchem die Rhizomorphen entstanden waren, stand mit der Bildung der Rhizomorphen, an die gewissermassen das vegetative Wachsthum des Pilzes übertragen wurde, im Wachsthum nahezu still (Fig. 1—5); aber selbstverständlich hörten auch die Spitzen der Rhizomorphen zu wachsen auf, sobald die Nährstoffe des Culturtropfens erschöpft waren. Im günstigsten Falle hatten die gezüchteten Rhizomorphenstränge eine Länge von 1 Zoll erreicht (Fig. 4 u. 5), wenn nur ein Strang zur Entwicklung gekommen; in anderen Fällen, wo mehrere gebildet waren, blieben sie kleiner.

Ich führe zur Ergänzung an, dass in allen, sehr zahlreichen Culturen der

geschilderte Verlauf der Entwicklung der gleiche war. Niemals kamen die Mycelien über ein winziges Flöckchen hinaus, dessen Grösse nach dem ersten Auftreten der Sclerotien resp. der Rhizomorphen nur unbedeutend schwankte.

Diese frühe Bildung der Rhizomorphen ist eine constante. Der vegetative Zustand des Pilzes, der erst mit dem einfachen fadigen Mycelium beginnt, geht mit den Rhizomorphen in ein zweites morphologisch weit höher differenzirtes Bildungsstadium über, welches fortan beibehalten wird.

Als ich in dieser Weise unerwartet das Ziel meiner nächsten Wünsche im Wege der Cultur erreicht sah, als ich die erste Bildung der Rhizomorphen nach Art der Sclerotien beobachtet hatte, und über den morphologischen Werth der Rhizomorphen in's Klare gekommen war, als ich erkannt, dass sie als fortwachsende sclerotiale Bildungen, gleichsam als Sclerotien mit local sich fortbildenden Vegetationsheerden, als Sclerotien mit Vegetationsspitzen, unzweifelhaft zu deuten sind, war mit diesen Resultaten zugleich die wohlbegründete Hoffnung gewonnen, nun auch noch ferner gelegene und schwierigere Fragepunkte zu lösen. Es musste vor Allem versucht werden, die auf den Objectträgern gezogenen Rhizomorphen fortzucultiviren, um über die weitere Differenzirung, die Art der Ernährung und Lebensweise, überhaupt über die Morphologie und Physiologie der verschiedenen vegetativen Zustände des Agaricus melleus eine tiefere Einsicht zu gewinnen.

Ich übertrug zuerst einen Sprössling, ehe er auf dem Objectträger ganz zu wachsen aufhörte, auf Brod, welches vorher, durch Erhitzen auf 120° während der Dauer eines Tages, pilzfrei gemacht und dann mit frisch ausgekochtem Pflaumendecoct befeuchtet war. Die Rhizomorphen wuchsen rapide fort zu grossen vielverzweigten Strangsystemen, die zunächst im Substrate weiss blieben und sich dann dunkel färbten, als sie zu wachsen aufhörten. Sie durchsetzten das Brod nach allen Richtungen im dichten Geflecht, wie wenn sie Mycelfäden wären, und verwandelten schliesslich, das ganze Brod bis auf geringe Reste verzehrend, ihren Nährboden so zu sagen in eine Rhizomorphenmasse. Das feste Substrat war hinderlich, das System der Verzweigungen zu verfolgen und namentlich die Vegetationsspitze in voller Reinheit einer genauen Untersuchung zu unterziehen.

Um diese Uebelstände zu vermeiden, liess ich in späteren Culturen das Brod weg und übertrug die jungen Pflanzen vom Objectträger in reines Pflaumen-

decoct, welches ich in Krystallisirschalen vorher ausgekocht hatte. Sofort begann die rapideste Entwicklung. Die Stränge nahmen in einem Tage bis zu einem Zoll an Länge zu. Sie blieben weiss und bildeten in ihrem ganzen Verlaufe zahlreiche Seitenzweige, die sich wiederum verzweigten. Dort, wo die Verzweigungen nahe an der Vegetationsspitze erfolgten, wurde der Schein einer Dicho- oder Trichotomie hervorgerufen; in anderen Fällen entstanden die Seitenzweige in Menge dicht neben einander, hier einseitig, dort in bilateraler Anordnung, in noch anderen Fällen multilateral um den Muttерspross gestellt, der sich mitunter an den Seiten und an der Spitze in die Fülle der gebildeten Seitenzweige aufzulösen schien (Taf. X, Fig. 6).

Sobald auch hier die Nährlösungen erschöpft waren, übertrug ich die Rhizomorphenstöcke in die grössten Krystallisirschalen, die ich kaufen konnte. Diese wurden sehr bald ganz mit Rhizomorphen angefüllt, die sich zum Theil über die Nährlösung hoben und auch noch den leeren Theil der Schale ausfüllten in Verhältnissen von 6 Zoll Höhe und 8—9 Zoll Breite.

Die Dimensionen der einzelnen Stränge waren sehr verschieden, und ebenso variabel waren die Dimensionen eines Stranges in verschiedenen Entfernungen vom Vegetationspunkte. Die Dicke der Stränge änderte sich fortwährend mit zunehmender Länge. Sie behielten nicht ihre Dimensionen bei, welche sie im Vegetationspunkte bekommen; nach rückwärts fand fortwährend, so lange die Ernährung ausgiebig war, eine Zunahme des Umfanges statt, welche von der Dicke einer Stricknadel bis zur Dimension eines dicken Strohhalmes und darüber hinaus sich steigerte. Nur erst dann, wenn die Nährstoffe der Culturlösung der Erschöpfung zuneigten, wurden die Stränge dünner und wuchsen zu langen fadendünnen Zweigen von gleichmässiger Dicke aus, die später mit dem Wachsthumsstillstande an der Vegetationsspitze hier fast die gleiche Dicke zeigten, wie an ihrer Ursprungsstelle (Fig. $6_{2\ u.\ 3}$).

Bis zu den letzten Aussprossungen in Form der feinen fadenförmigen Stränge blieb die ganze Masse der Rhizomorphen weiss, so lange, als sie von der Nährlösung bedeckt war. Nur an all den Stellen, wo die Stränge sich über die Nährlösung erhoben, oder über sie einzeln eine kurze Strecke hinauswuchsen, trat eine Bräunung der Rindenpartie ein, wie wir sie von der Rhizomorpha subterranea kennen. Bevor sie aber eintrat, war ein lebhaftes Aussprossen in einzelne Hyphen an der ganzen Oberfläche des Stranges ausnahms-

lose Regel, so dass die Stränge von einem dichten Hyphenfilz mycelialer Fäden eingehüllt waren, wenn und ehe die Bräunung in der Rinde anhob. An den Stellen der Cultur, wo durch zu lebhafte Entwicklung im Innern der Nährlösung ein oberflächliches Herausschieben der oberen Massen bewirkt war, überzog sich diese ganze Masse mit dem Hyphenfilz, auf den ich wegen seiner merkwürdigen Eigenschaft im Finstern zu leuchten, (zu phosphoresciren) später zurückkommen werde. Auch innerhalb der Flüssigkeit begann an den Strängen, als sie aufhörten in die Länge zu wachsen, die gleiche Hyphenaussprossung wie an der freien Fläche (Fig. $7_{1 \text{ u. } 2}$). Die Hyphen, welche, wie ich auf Längsschnitten feststellte, weniger der Oberfläche als vorzugsweise den tiefer gelegenen Gewebspartien des Stranges entsprangen (Fig. $9_{2 \text{ u. } 3}$), waren hier besonders dicht und reich. Sie hatten die Dimensionen gewöhnlicher Fäden des ursprünglichen Myceliums, welches aus den Sporen keimt, sie theilten in der Gliederung und Verzweigung seine Eigenschaften und namentlich auch darin, dass sie sich mitunter strangartig vereinigten (Fig. 9_3), wie dies die Fäden des Myceliums thaten.

Eigenthümlich war diesen Fäden die Neigung ihre Membranen zu vergallerten. Die Gallerte wurde später so massenhaft und fest, dass die Hyphen in einer Grundmasse von Gallerte zu verlaufen schienen [1]).

Zu einem Theile erreichten die Hyphen die Oberfläche der Flüssigkeit und erfuhren hier eine eigenthümliche Metamorphose. Sie verflochten sich zu einer dichten Decke; dann begannen einzelne Gliedertheile sich in Rosenkranzform zu erweitern (Taf. XI, Fig. $2_{3 \text{ u. } 4}$). Die sich erweiternden Zellen traten mit einander in seitliche Berührung, sie bildeten ein Scheingewebe, welches nun weniger in den oberflächlichen, als in etwas tieferen Schichten sich zu bräunen begann (Fig. 2_2). Das Endresultat war eine aussen braune dicke Gewebedecke, welche die Hyphenmassen gleichsam als inneres Mark nach aussen abschloss und zugleich die ganze innere Rhizomorphenmasse ausser Beziehung zur Luftumgebung setzte. Nicht bloss die Enden der Hyphen hatten aber diese Fähigkeit der Gewebebildung, auch jede beliebige Stelle in ihrem Verlaufe, die durch Aufschneiden bloss gelegt war, erfuhr dieselbe Veränderung

[1]) Die Eigenschaft der Fäden zu vergallerten zeigt sich auch an den ursprünglichen Mycelien, wenn sie im Wachsthum still stehen uud in der ausgesogenen Nährlösung länger verweilen. Es dürfte dies eine Erscheinung der Degeneration der Membranen sein, welche mit mangelnder Ernährung und gleichzeitigem Verweilen der Fäden in Flüssigkeit natürlich herbeigeführt wird.

gar bald in wenigen Tagen, und durch stete Wiederholung des Experimentes war es möglich, die Einzelheiten der Bildung genau und sicher in zahlreichen Fällen zu beobachten. Ich schnitt mehrmals ganze Stücke aus der Rhizomorphenmasse heraus, welche sich dann mit dieser dicken Haut umgaben, und wie ein schwarz berindetes Sclerotium aussahen. Die Identität der Aussprossungen mit gewöhnlichen Mycelfäden war leicht dadurch zu erweisen, dass sie, vor der Gallertbildung in neue Nährlösung übergeführt, von Neuem auswuchsen und Rhizomorphen bildeten wie vordem die Mycelien. Dieser Bildung gingen stets die beschriebenen Vorgänge der Gewebebildung wie früher voraus. Ich sehe in diesen Gewebebildungen als Haut nichts weiter wie die Sclerotienbildung selbst, nur dass neue Vegetationspunkte zu Rhizomorphen nicht auftreten resp. beim Uebergange in den Dauerzustand hier nicht erhalten bleiben, und also Rhizomorphen von diesen secundär gebildeten Sclerotien nicht ausstrahlen. Dies ist die natürliche Folge mangelnder Nährstoffe.

Wir können darum sagen, dass die Rhizomorphen unter Umständen in beliebigen Zellen zum ursprünglichen Mycelzustande zurückgehen, um von Neuem, als eine Art von vegetativer Vermehrung, Rhizomorphen zu bilden. — Dieselbe vegetative Vermehrung lässt sich auch ohne Schwierigkeit durch Zergliederung der Rhizomorphenstöcke erreichen, die dann in neue Nährlösungen übertragen je für sich zu neuen Stöcken auswachsen. Meist sind es aber nicht die schon angelegten Zweige, welche apical weiter wachsen, sondern es treten neue Seitenverzweigungen auf oder neue Rhizomorphenbildungen aus den oberflächlich aussprossenden mycelialen Hyphen. Ein Untertauchen tief unter die Nährlösung, etwa 2—3 Zoll, hindert häufig die Weiterentwicklung der abgeschnittenen Aeste, welche anfänglich aussprossen, dann aber in der Nährlösung untergehen und vergallerten.

Bevor wir uns der anatomischen Structur der Rhizomorphen zuwenden und ihrem morphologischen Aufbau, wird es nothwendig die weiteren Stadien der Culturen zu verfolgen, die nicht minder interessant sind als diejenigen, welche wir bisher betrachteten.

Alle bis jetzt erreichten Bildungen, mit alleiniger Ausnahme der ersten runden Stränge auf dem Objectträger, entsprechen der Rhizomorpha subcorticalis, derjenigen Form, welche parisitisch vorzugsweise in den Nadel-

hölzern z. B. in der Kiefer, saprophytisch auch in todten Stämmen vieler Laubhölzer sehr verbreitet vorkommt. Ausser dieser Form gibt es eine zweite, die, in mehr regelmässigen runden Strängen auftretend, von den Bildungsheerden der Rh. subcorticalis ausgeht, sich dann, durch die Erde wachsend, über weite Strecken ausdehnt und hierdurch in beträchtlichem Grade zur Verbreitung des Pilzes beiträgt. An jeder beliebigen, von der Rhizomorphe getödteten Kiefer kann man die von ihr ausgehenden Stränge der Rhizomorpha subterranea finden, an welcher *Hartig* die Fructification zuerst entdeckt hat. Wohl mit Rücksicht auf diese Art der Verbreitung des Pilzes von dem Infectionsheerde durch die Erde in die Umgebung bis zu neuen Substraten, zu lebenden Kiefern, hat die längst bekannte Krankheit in Kiefernforsten, welche der Pilz erzeugt, den Namen »Erdkrebs« bekommen.

Diese zweite Form der Rhizomorpha, die Rh. subterranea, erschien nach mehrmonatlicher Ruhe vom December bis zum Mai auf allen Culturen gleichzeitig in grossen Massen. Die einzelnen Stränge der Rh. subcorticalis, nachdem sie von der oberflächlich gebildeten dicken Haut monatelang eingeschlossen waren, durchdrangen mit neugebildeter Vegetationsspitze diese Haut und wuchsen in's Freie (Taf. XI, Fig. 9 u. $10_{1\ u.\ 2}$). Jeder Strang hatte eine weisse Vegetationsspitze von gallertigem Ansehen, an welcher die Verlängerung durch Neubildung eingeleitet wurde. Die Spitze war fein und verbreiterte resp. verdickte sich im Umfange allmählich bis zu den Stellen unter der Spitze, die eine tief schwarze Bräunung besitzen, die aber natürlich in allen Farbennüancen langsam in die weisse Spitze übergehen (Fig. 3). Von den Stellen an, wo die Bräunung eine gleichmässige geworden ist, besitzt der Strang seine normale Dicke, die er beibehält.

Diese Stränge der Rh. subterranea erreichten eine sehr beträchtliche Länge, einzelne wurden bis zu einem Fuss lang. Weder die Spitzen noch die älteren Theile veränderten ihr Ansehen während der Dauer des Längenwachsthums. Als dies endlich wohl nur durch die äusseren Verhältnisse, durch Mangel an Feuchtigkeit, vielleicht auch mangelnde Zufuhr an Nahrung still stand, gingen zugleich die Spitzen, indem sie sich verdickten, in den braunen Zustand älterer Stränge über. Verzweigungen waren an diesen Strängen selten, sie wurden nur in der Nähe der Spitzen, in den Grenzen der weissen Vegetationsspitzen angelegt, aber auch hier nur einzeln, oft an einem Strange keine einzige, oft eine, selten

zwei oder mehrere. Das Wachsthum der Stränge war im Vergleich zur Rh. subcorticalis, in der Nährflüssigkeit ein sehr langsames; in der Dauer einer Woche wuchsen nur einige Linien, bei sehr warmem Wetter ein halber Zoll an den einzelnen Strängen an. Eine oberflächliche Hyphenaussprossung kam bei ihnen nicht vor, ich habe nur Andeutungen davon gesehen. Die Stränge wurden ausschliesslich von den Vegetationsheerden unterhalten, von der Nahrung, die ihnen von der Rh. subcorticalis, welche in der Natur im Holz lebt, zufloss. — Je nach den Umständen, ob dieser Zufluss reichlich stattfindet oder nicht, wird auch in der Natur das Längenwachsthum der Stränge, welche sich unter der Erde verbreiten, ein schnelles oder langsames und zugleich ein lang andauerndes oder früh begrenztes sein. In der Erde ernähren sich diese Stränge selbst nicht, sie sind nur Ausläufer, quasi Stolonen vom Mutterstock, sie werden von diesem ernährt, bis sie sich durch das Zusammentreffen mit einem Baume in diesem einen eigenen Vegetationssitz gründen. Bevor dies geschieht, können die Stränge der Rhizomorpha subterranea in der Natur eine enorme Länge erreichen; hierin stimmen die verschiedensten Beobachtungen überein; ich kann sie aus eigener Anschauung bestätigen.

War es bisher nicht möglich geworden über die Ernährung der Rh. subterranea, über die Lebensweise der Stränge in der Erde genügend ins Klare zu kommen, so lassen meine Culturen über diesen Punkt, über den auch *Hartig's*[1]) Untersuchungen eine sichere Entscheidung nicht gebracht haben, keinen Zweifel mehr bestehen, sie legen den wahren Sachverhalt einfach und natürlich dar, und lassen zugleich den Unterschied beider Formen so scharf als möglich hervortreten: die Rhizomorpha subterranea ist eine secundäre Bildung von der Rh. subcorticalis, sie wird von dieser, die in Bäumen lebt, unterhalten, bis sie selbst einen Baum erreicht und in diesem zur Selbständigkeit gelangt.

Wie dringt nun aber der Pilz in den Baum ein, den er auf seinem Wege erreicht? Mit dieser Frage tritt das parasitische Leben des Pilzes in den Vordergrund der Untersuchung. — Die sich widersprechenden Beobachtungen älterer Autoren die den Parasitismus der Rhizomorpha untersucht haben, sind durch die neuesten Untersuchungen von *Hartig* in den wesentlichsten Punkten

---

[1]) *Hartig*, l. c. wichtige Krankheiten der Waldbäume.

berichtigt worden. *Hartig* hat über die parasitische Lebensweise des Pilzes Thatsachen von der höchsten Wahrscheinlichkeit beigebracht, er hat sie durch eine Fülle von Einzelbeobachtungen allseitig gestützt; nur über einen Punkt von fundamentaler Wichtigkeit ist er nicht hinaus gekommen, den experimentellen Nachweis des Parasitismus ist er uns schuldig geblieben, die directe Beobachtung des Parasitismus, »des Eindringens der Rhizomorpha« hat er nicht gemacht. Es war unmöglich diesen Beweis zu führen, es fehlte das lebende Material, die Versuche einzuleiten. Dies ist nur in künstlicher Cultur gegeben, wo man über fortwachsende fort und fort ernährte Stränge der Rh. subterranea verfügt, die man unmittelbar mit dem Versuchsobjecte in Berührung bringen kann.

In dem Zeitabschnitte, wo meine Culturen am üppigsten waren, gegen Ende Juni, wo die ganze Cultur bedeckt erschien mit hunderten von Strängen der Rh. subterranea, die ihre Vegetationsspitzen frei nach aussen streckten, begann ich die Reihe experimenteller Versuche über das Eindringen des Pilzes in Nadelhölzer. Als Object wählte ich frische dicke Wurzeln von Kiefern, auf denen der Pilz am häufigsten parasitisch vorkommt. Ich grub sie aus und brachte sie unverletzt und frisch mit den Rhizomorphenspitzen in innige Berührung. Der Effect war in allen Fällen übereinstimmend. Die Rhizomorphen drangen sofort ein und schon nach 5—7 Tagen kam die eingedrungene Rh. subterranea als subcorticalis an der Schnittfläche wieder zum Vorschein (Taf. XI, Fig. 9—11). In Form eines Mantels quoll die Spitze am ganzen Umfange der Schnittfläche zwischen Rinde und Holz hervor (Fig. 9—$11_{5 \text{ u. } 6}$). Die anfangs rein weisse Farbe verwandelte sich an der Luft bald in eine braune, und in diesem Zustande unterschied sich die Rhizomorpha nicht mehr von den in künstlicher Nährlösung cultivirten, wenn und wo diese an die Luft kamen. Von besonderem Interesse waren einige Fälle, in welchen die eben aus dem Holz hervorwachsende Rh. subcorticalis an ihrem Vegetationsrande sich zu einer Anzahl runder Stränge der Rh. subterranea wiederum auflöste (Fig. $11_{5 \text{ u. } 6}$). In diesen Fällen war der Uebergang beider Formen in einander in continuirlichem Zusammenhange ein doppelter. Die zuerst aus den Sporen des Agaricus in Pflaumendecoct cultivirte Rh. subcorticalis ging an der Oberfläche in subterranea über, diese drang in die Kieferwurzel ein, kam als Rh. subcorticalis zum Vorschein, um sich sogleich wieder in Rh. subterranea umzuwandeln (Fig. 11_{1-6}).

Der Act des Eindringens dauert etwa 1 bis 2 Tage, in den weiteren Tagen erfolgt das rapide Wachsthum des eingedrungenen Stranges in der cambialen Region der Wurzel von dieser reichlich ernährt, so dass in der kurzen Frist von 6—8 Tagen eine Strecke von 5—6 Zoll von dem Pilze im lebenden Holze durchwachsen wird. Die verschiedenen Formen des Eindringens habe ich in den Fig. 9—11 dargestellt. In Fig. 11 dringt der Strang an der freien Schnittfläche zwischen Rinde und Holz ein, also an einer Wundstelle; in Fig. 9_5 bohrt sich die Spitze einer Rhizomorpha direct in die Rinde der intacten Wurzel ein; in Fig. $10_{2\text{ u. }1}$ endlich hat sich der Strang, über die Wurzel hinwachsend, dieser mit der weichen Spitze angeschmiegt und ist im Halbkreise um sie gewachsen, hier sind an der ganzen Unterseite Seitenzweige gebildet, welche direct eindringen. In analogen Fällen der seitlichen Berührung des Pilzes mit der Wurzel zeigte immer seine Unterseite betreffs der Seitenzweigbildung zum Zwecke des Eindringens ein gleiches Verhalten; es gelang mir aber nicht, experimentell zu erweisen, dass auch unter anderen Umständen bei einseitiger Berührung der Rhizomorpha mit einem anderen festen Gegenstande die gleiche einseitige Anlage von Seitenzweigen hervorgerufen wird, dass sie also unter dem Einflusse der blossen Berührung steht.

Das ganz ausserordentlich schnelle Wachsthum der Rh. subcorticalis, also der Stränge, welche in die Wurzel eingedrungen sind, erklärt zur Genüge die verheerenden Wirkungen des Pilzes in Kiefernbeständen, wie sie *Hartig*[1]) aus reicherer Anschauung schildert, als sie bisher mir, der ich nicht Forstmann bin, zu Gebote standen. Wir können annehmen, dass nach dem Eindringen längstens in wenigen Monaten das ganze Wurzelsystem von Rhizomorphen durchwachsen ist, und dass durch die Zerstörungen in den Wurzeln die Pflanze auch in den oberirdischen Theilen bald abwelken muss. Der Pilz dringt in diese von der Wurzel aus ein, und ehe er noch 1 bis 2 Fuss im Stamm in die Höhe gewachsen ist, trocknet der Stamm ab, und damit ist ein weiteres höheres Vordringen unmöglich geworden. Der eigentliche Sitz der Krankheit ist die Wurzel, und eben weil man die Wurzel einer genauen Untersuchung nicht unterzog, sind wohl die Angaben über die Ursache des Erdkrebses, über die Frage, ob dabei ein Pilz die wirkende Ursache

---

1) *Hartig* l. c. wichtige Krankheiten der Waldbäume.

sei, bei früheren Beobachtern nicht übereinstimmend gewesen. Sucht man die Krankheit im oberirdischen Stamme, so wird man nach oben von einem Pilze gar nichts finden, oder höchstens solche Pilze, die als secundäre Erscheinungen nachträglich auftreten und nichts mit der Krankheit zu thun haben. Auch tiefer unten im Stamm ist das Vorkommen der Rhizomorpha mit dem ersten Absterben des Baumes kein ausnahmsloses; es sterben viele Bäume ab, zu einer Zeit, wo der Pilz noch kaum in den Stamm vorgedrungen ist. Kein Wunder also, dass nach den Untersuchungen des Stammes die Beobachtungen so ganz verschieden ausfallen mussten, dass man bald nichts von einem Pilze fand, bald Pilze, die nichts mit der Krankheit zu thun haben, und dass man nur in den seltenen Fällen die Rhizomorphen antraf, welche dann als vereinzelte Befunde unmöglich als die Ursache der allgemeinen Erscheinung, also der Krankheit gelten konnten. Die Beobachtungen waren richtig, und trotz ihrer Richtigkeit waren die Deutungen falsch und die Schlüsse irrig, welche man aus diesen Beobachtungen zog. Man war eben — um einen bekannten bildlichen Ausdruck zu wählen, dessen Bild hier zur Thatsache wird — der Sache nicht auf den Grund gegangen. *Hartig* gebührt das Verdienst, die Summe widerstreitender Beobachtungen an der Wurzel zur Uebereinstimmung gebracht zu haben.

Es sei mir nach den durch meine Versuche ergänzend hinzugefügten Thatsachen über die Beziehungen der Rh. subcorticalis zu Rh. subterranea nur noch gestattet, besonders hervorzuheben, dass man gerade mit dem Ausroden der befallenen Wurzelstumpfe den Heerd der Entwicklung der Pilze entfernt, dass dadurch die Stolonen, die sich nicht selbst ernähren, also die Rh. subterranea, die von der Rh. subcorticalis unterhalten wird, trocken gelegt werden und hiermit, neben dem Vertilgen der Fruchtkörper, am wirksamsten der Verbreitung der Krankheit in Forsten Einhalt gethan werden kann. Wie aus meinen Beobachtungen und aus allen bekannten früheren Erfahrungen, welche eben durch meine Beobachtungen in ein helleres Licht gestellt werden, mit Sicherheit hervorgeht, ist die vegetative Verbreitung des Pilzes durch die Stolonen der Rh. subterranea vorzugsweise die Art der Verbreitung der Krankheit; der Name »Erdkrebs« deutet dies unzweifelhaft an. Die Verbreitung ist nur möglich von dem Entwicklungsheerde der Rh. subcorticalis, also von den bereits erlegenen Bäumen aus, deren Entfernung das erste und einfachste Mittel ist, die einmal ausgebrochene Krank-

heit in ihrer Verbreitung durch den Infectionsheerd zu hindern, wie dies auch *Hartig* nachdrücklich empfiehlt.

Geschieht die Verbreitung der Krankheit durch vegetative Vermehrung des Pilzes vom Infectionsheerde aus, so bleibt noch die Frage zu behandeln übrig, in welcher Art der Infectionsheerd selbst an den verschiedensten Stellen neu zu Stande kommt. Dies geschieht durch die Sporen des Pilzes. Die Krankheit *entsteht* an den verschiedenen Stellen durch die Sporen, sie *verbreitet* sich von den zuerst befallenen Stellen in die Umgebung durch die Stolonen der Rh. subterranea. Die Entstehung der Krankheit und ihre Verbreitung sind hier auseinander zu halten, sie sind nicht coincident, wie bei infectiösen Krankheiten mancher Art, die durch Pilze verursacht werden und nur durch die Sporen des Pilzes entstehen und neu verbreitet werden. Gerade hierdurch ist die Krankheit des Erdkrebses von dem tiefgreifendsten Interesse für unsere Kenntnisse von den infectiösen Krankheiten, die ein so enormes praktisches Interesse haben. Bei dem Erdkrebs besteht eine Complication der Verbreitung im Allgemeinen, eine Verbreitung zweifacher Art und grundverschiedener Art, wie sie mit gleicher Uebersichtlichkeit bis jetzt bei keinem parasitischen Pilze, bei keiner infectiösen Krankheit aufgedeckt ist. Die erste Art der Verbreitung fällt mit dem Auftreten des Pilzes, mit dem ersten Entstehen des Krankheitsheerdes zusammen, sie geschieht durch die Luft: die Sporen des Pilzes sind es, welche eine neue Colonisationsstätte gründen. Ueber dies erste Auftreten des Pilzes war man bisher gänzlich im Unklaren; man hatte nur rudimentäre Keimungen gesehen[1]), aber kein Mensch wusste, wie die Rhizomorpha aus diesen zu Stande kommt, kein Mensch wusste, wie die erst neu entstehende Rhizomorpha in die Kieferwurzel gelangt. Meine Untersuchungen legen es auf's Klarste dar. Wo an irgend einer Stelle eine keimfähige Spore des Agaricus auf eine nackte, durch den Regen angefeuchtete Kieferwurzel fällt (die oberflächlich vielfach über die Erde hinlaufenden Kieferwurzeln bieten hierfür in der Natur die Gelegenheit), da erfolgt eine Keimung, eine Mycelbildung, und der bald entstehende Strang der Rh. subterranea (Taf. X, Fig. 1—5) dringt parasitisch in die Wurzel ein zwischen Rinde und Holz weiter verlaufend (Taf. XI, Fig. 9—11). Der Pilz kann saprophytisch leben und thut es unzweifelhaft in

[1]) *Hartig*, l. c. Krankheiten der Waldbäume. Nachtrag p. 125.

seinen ersten Anfängen, um dann erst später zu einem Parasiten zu werden, nachdem er eingedrungen ist[1]). Sobald dies geschehen, ist der Infectionsheerd geschaffen. Nun beginnt die zweite Art der Verbreitung, durch die Stolonen, die eigentliche Verbreitung ohne Neuentstehen des Pilzes vom einmal entstandenen Infectionsheerde aus (Taf. XI, Fig. 9—11 $_{1-6}$). Diese Verbreitung war seither die allein gekannte, oder, um mich correct auszudrücken, aus einer Reihe von Thatsachen hergeleitete, mit höchster Wahrscheinlichkeit vermuthete; sie ist erst durch meine Untersuchungen zur unumstösslichen wissenschaftlichen Thatsache geworden.

Beide Arten der Verbreitung ergänzen und decken sich gegenseitig, sie sind von einander abhängig durch die Fructification, welche nur an den Rhizomorphen erfolgt. — Erst durch die künstliche Cultur konnte die Morphologie und Biologie des Pilzes, die Kenntniss der Krankheit des Erdkrebses zur vollen Aufklärung, zum durchsichtigen Abschlusse geführt werden.

Die Krankheit heisst auch mitunter »das Harzsticken der Kiefer.«

---

[1]) Es ist nicht ohne Interesse, dass in den Culturen des Agaricus melleus die vollkommene saprophytische Ernährung eines typischen Parasiten durchgeführt ist. Das Gleiche ist mir bei einer beträchtlichen Anzahl von Parasiten gelungen, wenigstens von solchen Pilzen, welche in der Natur als Parasiten auftreten z. B. von Peziza tuberosa und Sclerotiorum, die ganz besonders üppig gedeihen, ferner von Cordiceps militaris, aus deren Sporen ich stattliche Isaria-Fructification erzog, von Pycniden, die auf Ascomyceten parasitisch vorkommen, von Cordiceps purpurea, aus deren Sporen grosse Mycelien erzogen wurden, die allerdings bis jetzt noch nicht fructificirten, etc. Auch bei der Peronospora infestans ist eine saprophytische Ernährung bis zu einem gewissen Punkte möglich. Die Sporen keimen in den geeigneten Nährsubstraten fast ausnahmslos, während sie im Wasser zum grössten Theile absterben. Ich habe bereits Mycelien erzogen mit Fruchtträgern, an welchen 4 Sporen gebildet wurden. Es scheint mir kaum zweifelhaft, dass es mit geeigneteren Nährlösungen, als ich sie bis jetzt anwandte, auch gelingen wird den Pilz weiter zu ernähren, ihn vielleicht zur Oosporenbildung zu bringen. Nach meiner jetzigen Auffassung scheint mir in der saprophytischen Lebensweise des Pilzes in der Natur die wahrscheinlichste Lösung des Räthsels zu liegen, dass der Pilz in jedem Jahre in bestimmter Jahreszeit allgemein auftritt, trotzdem man in den Kartoffelpflanzen niemals seine Dauerzustände findet, seine Conidiensporen in wenigen Tagen die Keimkraft verlieren, und aus kranken inficirten Kartoffeln gesunde Pflanzen hervorgehen, also der Pilz nicht in den Nährpflanzen in Dauerzuständen überwintert, die sein alljährlich erneutes Auftreten natürlich herbeiführen würden. — Weitere Einzelheiten über diese interessanten Thatsachen behalte ich mir vor, da ich noch mit weiteren umfassenden Untersuchungen beschäftigt bin. — Die saprophytische Ernährung parasitisch auftretender Pilze erscheint mir insofern ganz natürlich, als man doch annehmen muss, dass diese Pilze nicht ursprünglich Parasiten waren, sondern erst ganz allmählich zu dem parasitischen Lebenswandel übergegangen sind.

Diese Bezeichnung hängt mit einer äusseren Erscheinung zusammen, welche der Pilz an Kiefernstämmen hervorruft. Die Harzcanäle im Holze und der Rinde werden geöffnet, und durch das ausfliessende Harz wird Holz und Rinde kienig und selbst das umliegende Erdreich, wenn es hierein sich ergiesst, mit dem Stamme verklebt.

Der eigentliche Sitz der Entwicklung des Pilzes im Stamme ist das Cambium und die noch zarten unverdickten Gewebselemente von Phloëm und Xylem, welche aus ihm hervorgehen. Die Schnelligkeit der Entwicklung des Pilzes im Stamme steht mit seiner Ernährung in diesem in unzertrennlichem Zusammenhange, und die Ernährung wiederum in natürlicher Verbindung mit der Masse der cambialen Elemente, welche, durch Theilung im Cambium erzeugt, noch nicht in den Dauerzustand übergegangen sind. Aus eben diesem Grunde fällt die schnellste Entwicklung des Pilzes im Stamme oder der Wurzel mit der Entwicklungshöhe im Cambium zusammen. Im Sommer, wo ich die Versuche machte, ist sie rapide, im Frühjahr wird sie es ebenfalls sein, im Herbst hingegen, wenn die cambialen Neubildungen zurücktreten, wird sie verlangsamt werden und mit dem Winter das Spitzenwachsthum des Pilzes vielleicht völlig aufhören. Wenden wir diese Verschiedenheit in der Entwicklung des Pilzes in den Bäumen, die je nach der Jahreszeit bald rapide bald aber nur langsam erfolgt, auf die Krankheit, die der Pilz erzeugt, wiederum erklärend an, so kann die Krankheit nicht in jeder Jahreszeit denselben rapiden Verlauf nehmen, wie im Frühjahr und im Sommer. Im Herbst befallene Bäume werden vielleicht erst im nächsten Jahre, vielleicht erst im Frühjahr mit dem Wiederbeginn der Vegetation und dann um so plötzlicher absterben, sobald das Cambium im Frühjahr in lebhafte Vermehrung übergeht. Auch diese ganz natürlichen Erwägungen erklären eine Reihe von Beobachtungen über plötzliches Absterben der Bäume im Frühjahr, die eben vorher noch völlig gesund erschienen.

Wie verhält sich nun der Pilz, wenn er nicht mehr an den Spitzen, also im Cambium wachsen kann? — Dann bräunt er seine Membranen, wo sie mit der Luft in directe Berührung kommen, und in anderen Fällen erfolgt ein massenhaftes Auswachsen von der Oberfläche der Stränge, wie wir es von der Rh. subcorticalis in künstlicher Cultur kennen lernten (Taf. X, Fig. 7 u. 9). Diese massenhaft aussprossenden mycelialen Hyphen haben die Fähigkeit weichere Holzzellen, namentlich die Markstrahlen, zu durchbohren und

sich so in Holz und Rinde zu verbreiten. Den geringsten Widerstand setzt ein Harzgang ihrer Ausbreitung entgegen, in welchen sie oft auf weite Strecken hineinwachsen, um später nach ihrem Eindringen durch die Zerstörung der Wände, namentlich der meist noch etwas zarteren Wände der Umgebung, den jugendlichen Harzgang zu erweitern und dem Harze selbst den Ausgang zu verschaffen. In der Rinde, wo die Elemente weicher sind, ist dies vorzugsweise der Fall; von hier ergiessen die angebohrten Harzgänge ihren Inhalt in die Umgebung und kleben so das Erdreich mit der Rinde zusammen. Diese Zerstörungen sind secundärer Art. Die Hyphenaussprossungen schliessen im Holz in den Harzgängen häufig mit jener secundären Sclerotienbildung ab, die ich als mächtige Haut früher bei meinen Culturen beschrieben habe (Taf. XI, Fig. 2). Die Meinung *Hartig's*[1]) dass diese secundären Hyphenaussprossungen des Pilzes das parasitäre Leben desselben vorzugsweise repräsentiren, vermag ich nicht völlig zu theilen. Meine Beobachtungen in künstlichen Culturen legen die Erscheinung als eine secundäre dar; auch durch die directen Infectionen, die ich ausführte, habe ich mich überzeugen können, dass die Fortentwicklung der Rhizomorpha subcorticalis zwischen Rinde und Holz auf Kosten des Cambiums auf's rapideste erfolgt ohne jede oberflächliche Hyphenaussprossung; diese kam erst nachträglich als secundäre Erscheinung hinzu. Der Strang ernährt sich vom Cambium und hierdurch wird der Baum an einer empfindlichen Stelle arg geschädigt; seine Erhaltung wird bedroht, sobald der Pilz sich mantelartig in Form von breiten Lappen, die sich mit ihren Rändern decken, über den ganzen Umfang des Holzes ausbreitet und so fortwächst. Bei meinen Infectionsversuchen in Fig. $10_{5\text{ u. }6}$ war dies der Fall; nach vielfachen Untersuchungen habe ich auch alle hierauf bezüglichen Abbildungen *Hartig's* völlig bestätigt gefunden. Die secundären Aussprossungen, die den Harzfluss veranlassen, tragen zweifellos mit zum schnellen Absterben der Bäume bei, aber sie sind zunächst, wie ich glaube, nicht der hauptsächliche vegetative Sitz des Pilzes in den Bäumen und nicht die Hauptursache ihres Eingehens.

Wir können uns jetzt der Structur der Rhizomorpha und ihrem morphologischen Aufbau zuwenden, um schliesslich auch hier mit einigen physiologischen Beobachtungen den Abschnitt des Agaricus melleus zu beschliessen.

---

[1]) *Hartig*, l. c. Krankheiten der Waldbäume.

Die erste Bildung auf den Mycelien ist die einer Rhizomorpha subterranea (Taf. X, Fig. 1—5), welche eindringend in die sich selbst unmittelbar ernährende Rh. subcorticalis übergeht (Taf. XI, Fig. 9—$11_{1 u. 2}$) und erst später von Neuem die Stolonen der Rh. subterranea entsendet (Fig. $11_{5 u. 6}$). Ich stelle darum die Rh. subterranea hier in den Vordergrund und schliesse an die Darstellung dieser ersten Bildung in Kürze die Abweichungen an, welche sie in der zweiten Form als Rh. subcorticalis besitzt.

Die Rhizomorpha subterranea wächst durch Spitzenwachsthum. Das noch ungefärbte, apical sich stets verjüngende Ende eines meist runden Stranges ist die Vegetationsspitze, innerhalb welcher die Neubildung stattfindet (Taf. XI, Fig. 3). Weiter nach hinten gehen die neugebildeten Elemente durch fortschreitende Differenzirung allmählich in den Dauerzustand über; eine zunehmende braune Färbung in der Rinde des Stranges deutet den Beginn dieser Vorgänge an, der sich auch weiterhin in der nicht mehr zunehmenden Dicke des Stranges kund gibt. Auf einem axilen Längsschnitte bekommen wir eine Einsicht in die Art der Neubildungen und in den Gang der Differenzirung der an der Spitze neu entstandenen Elemente.

Ich habe in Fig. 8, Taf. X das Bild eines solchen Längsschnittes gegeben. Es stimmt nicht genau überein mit früheren Abbildungen z. B. von *Hartig*[1]) und *de Bary*[2]). Die *Hartig*'sche Zeichnung stellt die Spitze einer Rhizomorpha subcorticalis dar, an welcher die oberflächliche vegetative Hyphenaussprossung bereits erfolgt ist, die mit dem Wachsthumsstillstande der Spitze einzutreten pflegt, also den wohl nicht ganz normalen Zustand der wachsenden Spitze. Weiterhin möchte ich von dem *Hartig*'schen wie auch von dem *de Bary*'schen Bilde annehmen, dass die Längsschnitte, die hier gezeichnet sind, nicht genau axil waren. Alle tangentialen Schnitte, die ich anfertigte, entsprachen dem Bilde *de Bary's*, während die rein axilen in der Anordnung der Elemente, namentlich an der Spitze anders aussahen, wie ein Vergleich mit meiner Fig. 8 darthut. Ich muss hier besonders bemerken, dass die Herstellung rein axiler Schnitte ihre Schwierigkeiten hat, wenn sie genügend fein sein sollen. Es brechen nämlich diese Schnitte in der Spitze aufs leichteste auseinander. Sie sind, wie wir gleich

---

1) *Hartig*, l. c. Krankheiten der Waldbäume, Taf. I, Fig. 10.

2) *de Bary*, Morphologie der Pilze, Fig. 9.

sehen werden, nur in der Spitze verbunden, nur im Vegetationspunkte, und diese an und für sich nicht feste Verbindung wird unfehlbar zerrissen durch die sich ausgleichende Gewebespannung, welche zwischen Rinde und Mark besteht, wenn man die Schnitte einfach in Wasser bringt, und keine besondere Hülfsmittel anwendet, den Ausgleich der Gewebespannung zu verhindern.

In meiner Abbildung ist die äusserste Spitze von losen oder kaum verbundenen Hyphen eingenommen, welche sich hie und da von dem inneren eng verbundenen Kern eine kurze Strecke erheben (Fig. 8_1). Auf diese folgen dichter verbundene Hyphen, welche durch Gallertbildung in den Membranen die Spitze des Stranges auch im natürlichen Zustande gelatinös und glänzend erscheinen lassen (Fig. 8_2). Die Masse dieser Hyphen nimmt nach unten etwas zu, sie bilden die eigentliche Oberfläche der Strangspitze und auch der älteren Theile, an welcher sie später zu einem glänzenden Ueberzuge eintrocknen (Taf. XI, Fig. 4, 5 und 7_1). Dieser gelatinösen lose verflochtenen Hyphenzone, welche aus dem inneren fest verbundenen Kern und zwar nahe an seiner Oberfläche entspringt, schliesst sich an der Spitze der eigentliche Vegetationspunkt an (Taf. X, Fig. 8_7). Dieser besteht aus lückenlos verbundenen, äusserst kleinen und in den Grenzen des Vegetationspunktes völlig gleichen Zellen. Die Zellen sehen in allen Formen des Längs- und Querschnittes gleich aus und entsprechen in ihrer Verbindung dem Aussehen nach einem echten Gewebe. Ob nun aber wirklich ein echtes Gewebe vorliegt, ob in Wirklichkeit in den Zellen dieses Gewebs Theilungen nach allen Richtungen des Raumes vor sich gehen, oder ob wir gleichwohl nur in der Spitze eine Combination eng verbundener Hyphen haben, die sich als Hyphen weiter verzweigen, soweit es geht und allein Theilungen nach einer Richtung des Raumes, nämlich senkrecht zu ihrem Längsverlauf und zum Strange bilden, darüber bin ich auch auf den idealsten Schnitten nicht ins Klare gekommen, darüber ist wegen der Kleinheit des Gewebes, in welchem eine regelmässige Zelltheilung nicht erkannt werden kann, überhaupt keine sichere Entscheidung durch Beobachtung möglich. Nach meiner subjectiven Ansicht, die ich durch die Regelmässigkeit im Aufbau älterer Strangtheile, wie sie aus den jungen hervorgehen, stützen kann, ist kein echtes Gewebe an der Spitze vorhanden, sondern nur eine Combination von Hyphen, die auf's dichteste mit einander verbunden und namentlich von auftretenden Seitenzweigen durchwachsen sind, die gemeinsam und langsam wachsen, aus deren engem Verbande nur ver-

einzelte Fäden frei hervortreten, andere dagegen in der Aussenzone länger auswachsen und dem Strange sich anlegend und weiterverzweigend die Hülle der Rhizomorpha am Gipfel bilden.

Gleich unter dem Bildungsheerde der jungen Elemente in der Spitze, gleich unter dem kleinzelligen gleichmässigen Gewebe beginnt eine höchst charakteristische Differenzirung der älteren Theile. Sie hebt auf dem Querschnitt nicht an allen Punkten zugleich an, sondern zuerst in der Mitte, und ist hier in ihrem Effecte am grössten. In der Mitte lässt zuerst die Neubildung nach, in der Peripherie dauert sie fort. Hier werden, wie in der Spitze, neue Elemente angelegt, welche die Masse der vorhandenen vermehren (Fig. 8_{3-5}). Nehmen wir eine echte Gewebbildung an, so geschieht dies durch Theilungen nach allen Raumrichtungen, nehmen wir sie nicht an, so finden Theilungen resp. Gliederung nur in der Längsrichtung und eine Vermehrung durch Verzweigung, durch Seitenzweigbildung statt, in der Art, dass sich die neugebildeten Seitenzweige zwischen die vorhandenen drängen. Mit der letzten Auffassung passen die Bilder der Längsschnitte am besten; die Zellen des peripherischen Gewebes werden unregelmässig und haben eine Form, als wenn zwischen die vorhandenen Elemente neue, durch seitliche Aussprossung an diesen entstanden, eingeschoben würden (Fig. 8_{3-5}). Der Effect dieser Vorgänge ist eine Zunahme der Elemente in der Peripherie, also eine Dickenzunahme von oben nach unten, im umgekehrten Ausdrucke eine Verjüngung des Stranges nach der Vegetationsspitze. Eben durch die fortdauernde Vermehrung der Elemente in der Peripherie wird nun der Raum für die centralen Partien vergrössert, und weil sich hier die Zellen durch Sprossbildung zunächst nicht vermehren, so können sie sich räumlich in radialer Richtung beträchtlich ausdehnen (Fig. 8_8). Dies geschieht, und von den Stellen an, wo es geschieht, haben wir eine peripherische Zone aus kleinem Gewebe und eine centrale Masse aus grossen Zellen, welche von jenen umgeben wird. Da nun die Ausdehnung der centralen Partien bedingt ist durch die weiteren Vorgänge in der Peripherie, da sie von diesen Vorgängen abhängig ist, so folgt hieraus, dass sie verschieden in ihren Endresultaten sein kann, je nachdem die Neubildungen in der Peripherie mächtiger oder unbedeutender sind, je nachdem sie längere oder kürzere Zeit anhalten, und daraus resultiren die abweichenden Verhältnisse in der Rhizomorphenstructur, die wir fast an jedem Strange anders finden. Der Regel nach ist die peripherische Neu-

bildung eine so intensive, dass die centralen Zellen nicht bloss zur möglichsten Ausdehnung gelangen, sondern dass ihr Ausdehnungsvermögen durch negative Spannung in Folge peripherischer Neubildung übertroffen wird, dass sie sich also von einander trennen und luftführende Hohlräume oder auch einen Hohlraum zwischen sich bilden (Fig. 8_6), einen Markraum, wie er bei den Stämmen phanerogamischer Pflanzen durch Zerreissen des Markes vorkommt. Dieser Markraum tritt dann sogleich unter dem Vegetationspunkte auf, wenn unter diesem die peripherische Neubildung, die Vermehrungsvorgänge in der Peripherie besonders intensive sind; in dem von mir abgebildeten Schnitte ist dies der Fall. Ebenso häufig wird er erst etwas tiefer gebildet und dann können wir in successiven Schnitten die allmähliche Ausdehnung der centralen Zellpartien verfolgen und schliesslich den Punkt erreichen, wo der Grenze der Ausdehnung der Zellen eine Lockerung des Zellverbandes, die Bildung von lufthaltigem Gewebe, von grösseren Markräumen oder einem centralen Markraume unmittelbar folgt. Ebenso aber, wie von der Schnelligkeit der peripherisch fortdauernden Neubildung der Elemente das frühere oder spätere Auftreten luftführenden Markgewebes oder eines Markraumes im Strange abhängt, ist die Grösse, welche diese erreichen, wiederum allein von der Intensität derselben Neubildung und von ihrer Fortdauer an der Strangspitze, von der Länge der Vegetationsspitze abhängig. Die Dickenzunahme des Stranges von seiner verjüngten Spitze bis zum gebräunten Dauerzustande drückt annähernd die Grösse des gebildeten Markes und Markraumes aus. In den Fig. 4—8 Taf. XI sind eine Summe von Querschnitten zusammengestellt, in welchen die Markräume (4), die ich nicht gefüllt zu denken bitte, erheblich abweichende Dimensionen haben. In den Strängen der Fig. 7 u. 8 nimmt der Markraum ¾ bis ⅚ des Radius ein, der Strang ist nur ein dünner Gewebemantel, welcher den Markraum umschliesst.

Auch *de Bary*[1]) bespricht in seiner Morphologie der Pilze das Mark der jungen Rhizomorpha und äussert sich über seinen Ursprung folgender Art: »die innersten braunen Rindenzellen und die äusseren Lagen des primären Markes dehnen sich schon vor Beginn der Braunfärbung beträchtlich in die Dicke und in die Breite aus. Die axilen Reihen des Primärmarkes zeigen diese Ausdehnung nach den bezeichneten Richtungen in geringerem Grade, sie strecken sich nur

---

[1]) *De Bary*, Morphologie der Pilze, p. 25.

stark (bis zum 20fachen des Durchmessers) in die Länge. Der Zweig nimmt daher an Umfang zu, die axilen Reihen werden aus einander gezerrt, die luftführenden Lücken zwischen ihnen bedeutend erweitert.« Nach dieser Auffassung wird das luftführende Markgewebe und der Markraum durch Ausdehnung der innersten Rindenzellen des Stranges herbeigeführt. Wenn aber diese inneren Zellen sich ausdehnen sollen, so müssten ihnen doch die äusseren erst Platz machen und sich zuerst ausdehnen; denn in einem geschlossenen Gewebe können sich mittlere Partien gewiss nicht so ohne weiteres ausdehnen, weil sie hierzu keinen Raum haben. Dehnten sich aber thatsächlich diese äusseren Partien des Stranges in ihren Zellen aus in dem Maasse, dass ausser einer beträchtlichen Dehnung der inneren Zellen ein grossmaschiges Mark mit luftführenden Räumen im Innern entstehen kann, so müssten die äusseren Zellen jedenfalls eine bemerkenswerthe Grösse haben. Dies ist nun an den Strängen, wie die Fig. 4—6, Taf. XI ausweisen, nicht nur nicht der Fall, sondern die Zellen haben im Gegentheile nahezu die Dimensionen, welche sie ursprünglich in der Spitze hatten. Eine blosse Ausdehnung der peripherischen Zellen des Stranges, die in der Wirklichkeit nur unbedeutend ist, kann demnach wohl kaum ausreichen, die sehr bedeutende Streckung der Zellen im Innern des Stranges zu ermöglichen; diese setzt noch andere und wirksamere Vorgänge voraus, welche in der Peripherie des Stranges stattfinden müssen. Sie sind schon nach den Dimensionen der peripherischen Zellen des Stranges kaum anders zu denken, als in der fortdauernden Neubildung von Elementen in der Peripherie, welche von den inneren Partien, die hieran zuerst keinen oder unbedeutenden Antheil nehmen, durch eine entsprechende Ausdehnung der Zellen naturgemäss begleitet wird.

Die erwähnten Vorgänge der Neubildung in der Peripherie der Rhizomorphenspitze, welche eine Vergrösserung der inneren Zellen des Stranges durch Ausdehnung gestatten, und darauf in den tiefer gelegenen Theilen ihre Trennung von einander und die Bildung mittlerer Markräume natürlich herbeiführen, dauern so lange fort, bis eine Bräunung in der Peripherie den Stillstand derselben ankündigt. Während ihrer Dauer nahm der Strang an Dicke zu, und die luftführenden Markräume wurden stetig grösser; mit dem Eintritt der Bräunung hört dies auf, der Strang verdickt sich nicht mehr, und das Mark mit seinen Lufträumen behält die gewonnene Dimension. Bleibt die Intensität peripherischer Neubildung an ein und demselben Strange, so lange er wächst,

immer dieselbe, so behält der Strang dieselben Dimensionen bei, seine Dicke wächst aber mit dieser Neubildung, und nimmt wieder ab, wenn sie nachlässt. Im Verlaufe eines Stranges können diese Veränderungen sich vollziehen, er kann dicker und wieder dünner werden, und wenn die Veränderungen schnell einander folgen, so folgen Verjüngungen auf Verdickungen auch in kürzeren Distanzen[1].

Die Bräunung der Zellen beginnt an der Stelle, wo der Verband der Elemente am dichtesten ist, und da dies nicht an der äusseren Peripherie der Fall sondern mehr nach innen, so fängt auch hier erst die Bräunung an. Es sind 3—5 Zelllagen, die sich bräunen und ihre Membrane etwas verdicken; nachher setzt sich die Bräunung in schwächeren Nüancen nach aussen und innen etwas fort (Taf. XI, Fig. 4—6_2). Die Folge der Bräunung ist ein Vertrocknen aller Elemente, die ausserhalb dieser Bräunung liegen. Sie bilden an dem ausgebildeten Rhizomorphenstrange die äussere Bekleidung. Diese besteht also aus eingetrockneten Hyphen, deren Lumen nicht mehr kenntlich ist, deren Membranen zusammenliegen wie die Blätter eines Buches (Fig. 6 u. 7_1). Die Mächtigkeit dieser nicht deutlich zelligen Hülle, die sich später nach dem Absterben ebenfalls bräunt, ist nach den einzelnen Strängen verschieden, oft beträchtlich, oft unbedeutend, nicht selten ist sie sogar ganz abgestossen und nicht mehr vorhanden (Fig. 8). Die wirkliche Rinde der Rhizomorphen bilden die mehrfachen Lagen gebräunter Zellen, die aber sämmtlich ein sehr enges Lumen haben, nicht grösser sind, wie die Zellen des Vegetationspunktes oder die Zellen der Mycelhyphen; von einer Dehnung im Sinne *de Bary's*[2] kann bei ihnen nicht oder nur in kaum messbaren Verhältnissen die Rede sein (Fig. 4—8_2). Der gebräunten Rinde folgen nach innen farblose Zellen, die ganz allmählich zunehmend in die grossen Zellen des Markes übergehen, welche nach ihrer Trennung von einander den Markraum nach innen bekleiden (Fig. $6_{3 \text{ u. } 4}$). — Der Längsschnitt ergibt die Verhältnisse der Streckung, welche die aus dem Vegetationspunkte hervorgehenden

---

[1]) Wenn die Vegetationsspitze eines Stranges erlischt, finden häufig durch weitere Neubildungen in ihr knotenartige Verdickungen statt. Nach längerem oder kürzerem Stillstande der Spitze erfolgt dann ein erneutes Auswachsen; oft treten in solchen Fällen mehrere neue Vegetationspunkte auf. — Ich zweifle nicht, dass es in der Natur ebenso sein wird, dass die Spitzen der Rhizomorpha subterranea im Winter stillstehen, um im nächsten Frühjahr durch Erneuerung der Vegetationsspitze fortzuwachsen.

[2]) *de Bary*, l. c. Morphologie der Pilze.

Elemente nach unten erleiden. Sie ist beträchtlich und wohl am stärksten in der Mitte, weil hier die Theilungen am frühesten erlischen (Taf. X, Fig. 8_9). Die kurzen Zellen werden durch Streckung zu langen Schläuchen, welche sich durch die grosse Streckung in Scheinreihen ordnen. Besieht man die Zellen, vorzugsweise die grossen axilen, genau, so bemerkt man zweierlei Wände, die einen stehen schräg, ich halte sie für die primären, die anderen stehen mehr horizontal, sie dürften secundären Ursprungs sein, also nachträgliche Theilungen, welche in den sich streckenden Zellen noch später erfolgen (Fig. 8_9).

Würde der Unterschied in den Mark- und den Rindenzellen, wie er sich etwas unter der Vegetationsspitze herausstellt, dauernd bleiben, würden also die Neubildungen ausschliesslich in der Peripherie erfolgen bis zur Bräunung der Aussenrinde, und würden die Markzellen nur durch Dehnung und Auseinanderweichen diesen Vorgängen folgen, so wäre das Endresultat in der Bildung eines Gewebemantels gegeben, dessen äussere Zellen gebräunt sind und nach innen allmählich grösser werdend einen mehr oder minder grossen Markraum umschliessen (Taf. XI, Fig. 4 und 5). Dies ist jedoch nicht der Fall. Der Unterschied ist nur in den ersten Anfängen so gross, nur in der Vegetationszone an der Spitze sind im Anfange die Neubildungen durch Verzweigung, durch Zweigbildung aus den vorhandenen Zellen in der Peripherie, so bedeutend und in den axilen Partien so unbedeutend, dass hier eine bedeutende Vergrösserung der Zellen und die Bildung eines Markraumes erfolgen kann (Taf. X, Fig. 8). Ist dies geschehen, so erlischt die Vermehrung der Elemente in der Peripherie mit der Ausbildung der braunen Rinde, um dafür jetzt an den inneren grossen Zellen, an den Markzellen, die den Markraum auskleiden, um so energischer zu beginnen. Die Markzellen sprossen seitlich aus zu dünnen mycelialen Fäden, wie vorher die Zellen der Peripherie. Die Hyphensprosse drängen sich aber nicht zwischen die vorhandenen verbundenen Elemente ein, deren Masse und damit den Umfang des Stranges zu vermehren, hie und da sogar in kurzem Wege aus dem Verbande an die freie Oberfläche zu treten; sie haben es bei weitem bequemer, sie finden den freien Markraum vorbereitet, in den sie ohne Zwang hineinwachsen. Die grossen Veränderungen, welche die Markzellen erlitten haben, die mächtige Grössenzunahme, welche sie zuvor erfahren, lässt den Unterschied der aussprossenden Hyphen zu ihren Mutterzellen so sehr hervortreten, dass diese Aussprossungen der Markzellen (man vergleiche die Abbildungen

Fig. 11 in der Morphologie der Pilze von *de Bary*) als ein besonderes neues Phänomen erscheinen[1]), während sie doch thatsächlich ganz den Aussprossungen gleichwerthig sind, welche in der Peripherie vorher erfolgt sind und darum nichts auffälliges hatten, weil die Tochtersprosse von den Mutterzellen an Umfang nicht verschieden waren.

In einem kurzen Ausdrucke können wir folglich sagen bezüglich der Morphologie des Stranges: dass an der Spitze die Elemente gleich sind, dass sie in der Mitte zuerst nachlassen sich zu vermehren, aber in der Peripherie fortfahren dies zu thun, dass hierdurch eine Ausdehnung der axilen Partien veranlasst wird, die schliesslich zu ihrer Trennung von einander und zur Bildung von grossen luftführenden Intercellularräumen resp. eines Markraumes führt, dass darauf durch die Ausbildung einer braunen Rinde die Vermehrung in der Peripherie abschliesst und nun die Neubildung durch Aussprossung auf die Innenseiten, an den Umfang des Markraumes rückt, wo die Markzellen, welche vorher scheinbar stillstehend nur wenig Aussprossungen bildeten, die Bildung neuer Aussprossungen allein übernehmen und hierdurch nach ihrer Lage und ihrer inneren Umgebung eine Ausfüllung der bislang leeren Markräume einleiten.

Bis auf diese meine Untersuchungen blieb die Bildung der Markhyphen, die Bildung »des secundären Markes« der Rhizomorpha, wie man es nennt, ein plötzliches morphologisch unvermitteltes Phänomen; sie ist aber in der Wirklichkeit nichts, als die Fortdauer einer einfachen Vermehrung der Elemente durch Auszweigung, welche die Bildung, den Aufbau eines Stranges überhaupt erst ermöglicht, welche bereits in der Vegetationsspitze beginnt, unter dieser zuerst in der Peripherie fortdauert und dann nach dem Marke verlegt wird.

Jeder Querschnitt musste dieses secundäre Mark zur Erscheinung bringen, jeder Längsschnitt musste den Ursprung dieses Markes aus den den Markraum auskleidenden Markzellen leicht erweisen; ebendarum ist auch dies secundäre Mark seinem Ursprunge nach längst bekannt. Die aussprossenden Hyphen wachsen in den Markraum oder in die Markzwischenräume hinein, wachsen hier durch

---

[1]) Ich habe es unterlassen, diese Aussprossung der Markzellen noch einmal in den Tafeln wiederzugeben, weil hierüber gute und richtige Beobachtungen und Abbildungen bereits von älteren Autoren vorliegen z. B. die Fig. 11 von *de Bary*.

weitere Verzweigungen zu mächtigen Hyphenmassen heran, welche nach unten mehr und mehr die freien Räume ausfüllen. Die Hyphensprosse entsprechen den gewöhnlichen Mycelfäden, von denen sie in nichts verschieden sind. Eine Verbindung zu einem Scheingewebe gehen die Hyphen des secundären Markes nicht ein, sie behalten ihre lose Hyphenstructur bei, und der fadige Strang besteht aus einem aussen gebräunten Gewebemantel, der eine dicht verflochtene Hyphenmasse umgibt. Auf successiven Querschnitten von oben nach unten folgt auf das gleichzellige Gewebe der Vegetationsspitze die in grossen Markzellen und kleineren Rindenzellen zum Ausdruck kommende erste Differenzirung der Elemente, dann kommen leere Markräume in die Erscheinung, die in tiefer geführten Querschnitten mehr und mehr durch Hyphengeflecht ausgefüllt werden. Ist die Vegetationsspitze kurz, so ist die Strecke des freien Markraumes ebenfalls kurz, oft sogar gar nicht vorhanden, weil die tiefer aussprossenden Hyphen nach oben wachsen und ihn schnell ausfüllen, was natürlich bei ausgewachsenen Strängen vollständig geschieht; an allen Strängen hingegen, wo die Spitze lang ist, und lebhaft wächst, ist eine Strecke ungefüllten Markraumes leicht zu finden, die unteren Hyphensprosse füllen ihn nicht so schnell aus, als er nach oben fortgebildet wird.

De Bary neigt in seiner Morphologie der Pilze[1]) der Ansicht zu, dass die ursprünglichen Markzellen von den aussprossenden Hyphen, also dem secundären Marke, zusammengedrückt resp. verdrängt werden, und dass eben durch die Verdrängung der Markzellen der von den Hyphen ausgefüllte Markraum geschaffen wird. Zu einem Theile geschieht dies unzweifelhaft, nämlich in so weit, als die Markzellen bei ihrer Trennung im Innern die natürliche Verbindung mit dem Strange verlieren und ihren Inhalt durch fortdauernde Streckung erschöpfen. Von den übrigen Markzellen indess, welche im organischen Verbande mit dem Ganzen bleiben, ist eine solche Annahme nicht zutreffend. Die grossen Markzellen sind es vorzugsweise, welche hyphenartig aussprossen, *de Bary* selbst hat dies in seiner Figur 11 dargestellt. Eben weil sie aber die Mutterzellen der aussprossenden Hyphen, des Secundärmarkes, sind, so würden durch ihre Verdrängung von den Hyphen diese ja selbst, die doch vom Strange ernährt werden, die natürliche Verbindung mit ihrer Nahrungsquelle verlieren, sie würden

[1]) *de Bary*, Morphologie der Pilze Seite 26.

als kleine Hyphensysteme im Strange (deren Grösse nach der Dauer ihrer Ernährung, also nach dem Zeitraume schwanken müsste, in welchem die Mutterzellen der Hyphen bis zu ihrer Verdrängung den organischen Zusammenhang mit dem Strange beibehalten) isolirt werden und wahrscheinlich absterben. Diese rein physiologischen Erwägungen gestützt durch die directe Beobachtung, dass vorzugsweise die grossen Markzellen aussprossen, sprechen dagegen, dass sich durch die Bildung des secundären Markes zugleich ein allgemeiner Verdrängungsprocess des primären vollzieht, dass die secundären Hyphen im Wege der Verdrängung schliesslich den Raum ausfüllen, den früher das primäre Mark einnahm. Die Hyphen des Secundärmarkes finden nach den früher geschilderten Vorgängen für ihre Ausdehnung genügenden Raum vor und erreichen in diesem, soviel ich gesehen habe, nicht eine solche Dichtigkeit, dass dadurch Markzellen am Erdrückungstode sterben und so verdrängt werden können. Die aussprossenden Zellen des Primärmarkes bleiben im organischen Zusammenhange mit dem Gewebesysteme des Stranges, aus welchem sie ernährt werden, aus welchem sie das Material beziehen, zu den grossen Hyphenmassen im Wege fortgesetzter Ernährung heranzuwachsen, welche die Markräume des Stranges ausfüllen. Der ganze Strang stellt ein organisches Ganze dar, in welchem die Markhyphen mit den Markzellen und diese mit dem Gesammtgewebe des Stranges in natürlicher Verbindung stehen und sicher so lange verbleiben, als die Entwicklung der Markhyphen durch Wachsthum und Vermehrung fortdauert.

Von dieser Darstellung der Morphologie der Rhizomorpha subterranea weicht die der Rh. subcorticalis nur in soweit ab, als die Bräunung der Rinde unterbleibt, und die Vermehrung der Elemente in der Peripherie beliebig fortdauern und hierdurch die Rhizomorpha eine bedeutende Dicke und jede beliebige Breite erlangen kann. Sie bleibt länger plastisch, sich in der Form an jeder Stelle beliebig verändernd, ganz dem parasitischen Leben adaptirt, wie es der Pilz in den Bäumen führt, die er bewohnt. Die Stränge sind bald dünn wie eine Nadel, bald von enormer Dicke, bald rund, bald flach (Taf. X, Fig. 6), bald sogar zu grossen bandartigen Flächen verbreitert, die wie ein Mantel das Holz eines Stammes umkleiden, nachdem die cambialen Gewebepartien verzehrt worden sind (Taf. XI, Fig. $10_{5\text{ u. }6}$). Oft habe ich in meiner Cultur gesehen, wie ein Strang mit feiner Vegetationsspitze nach unten pyramidal anwuchs zur 20fachen Dicke. Verzweigungen durch Bildung neuer Vegetationspunkte in

Folge intensiver Neubildung an einer Stelle erfolgen in Masse im ganzen Verlaufe des Stranges, bei Rh. subterranea hingegen, so lange die Vegetationsspitze wächst, nur in dieser und später, wenn sie erlischt, hie und da an einzelnen Stellen, wo durch innere lokal begrenzte Neubildung die Rinde aufbricht, um die neu erzeugte Spitze durchzulassen. Bereits *Hartig*[1]) hat diese Zweigbildung genau verfolgt, so dass mir nur übrig blieb, seine Beobachtungen zu bestätigen.

Die Markräume sind bei der Rh. subcorticalis von oft enormer Weite, sie bleiben mitunter auf weite Strecken hinter der Spitze leer, und werden erst dann mit secundären Markhyphen angefüllt, wenn die Seitenzweigbildung und die Vermehrung in der Peripherie aufhört; in anderen Fällen gehen jedoch die Markhyphen ziemlich weit hinauf. An den künstlich in meinen Culturen gezogenen Strängen wechselten diese Verhältnisse je nach der Schnelligkeit des Wachsthums in mannichfacher Weise ab. Die am natürlichen Standorte, also in Bäumen vorkommende Rh. subcorticalis hat zumeist nur enge Markräume. Es fehlt den Strängen an Raum, in radialer Richtung erheblich zuzunehmen, sie breiten sich darum seitlich weiter aus. Die so entstehenden lappenartigen oder bandförmigen Bildungen sind oft auf weite Strecken hin nur wenig differenzirt, fast solide. Das Primärmark besteht aus etwas grösseren Zellen wie die Rinde, beide sind aber nicht sehr verschieden und aus Mangel an Raum findet die Bildung eines Secundärmarkes gar nicht oder nur in unbedeutendem Grade statt.

Die Ausbildung einer braunen Rinde geht hier erst dann in der ganzen Länge des Stranges vor sich, wenn alles apicale und peripherische Wachsthum still steht; der ihr vorangehenden Hyphenaussprossungen an der Oberfläche des Stranges habe ich oben bereits Erwähnung gethan. — Nach erfolgter Berindung sind nun beide Strangformen, Rh. subterranea und subcorticalis, einander gleich. Sie verdicken später die Membranen ihrer Zellen oft sehr bedeutend, auch die Markhyphen nehmen an der Verdickung Antheil.

Durch diese Vorgänge wird der Strang völlig in den Dauerzustand, in den Zustand eines Sclerotiums übergeführt. Die Rhizomorphen sind nichts weiter wie sclerotiale Bildungen, die an besonderen fortdauernden Vegetationspunkten in die Länge wachsen,

---

[1]) *Hartig*, l. c. die Krankheiten der Waldbäume.

sich etwas anders differenziren, wie die Sclerotien sonst, und erst mit dem Erlöschen des Vegetationspunktes den Dauerzustand antreten, der bei den gewöhnlichen Sclerotien desshalb früher liegt, weil sie keine scharf begrenzten Vegetationspunkte ausbilden, sondern an allen Punkten zugleich zu wachsen aufhören. Ursprung und Entwicklung sind bei beiden gleich, der Unterschied betreffs letzterer ist nur ein gradueller und unbedeutender, so etwa, wie der Unterschied von Pilzen ohne Marginalwachsthum und mit Marginalwachsthum des Hutes.

Wir haben unter den Basidiomyceten Pilze, die keine Sclerotien besitzen, bei denen das vegetative Leben mit den Mycelien abschliesst; wir haben andere, bei denen die vegetativen Zustände der Mycelien den Anlauf zu einer höheren morphologischen Differenzirung nehmen, die aber früh in der Bildung der Sclerotien ihr Ende erreicht; wir haben in dem Agaricus melleus den Fall, wo diese morphologischen Neubildungen die Stelle des Myceliums vertreten, wo sie durch Ausbildung eines stets sich erneuernden Vegetationspunktes den zweiten höher differenzirten Abschnitt des vegetativen Lebens bilden[1]).

Haben nun aber alle naheverwandten Pilze solche Zustände besessen? Sind sie einmal früher ganz allgemein gewesen und später bei denen verloren gegangen, welche sie nicht besitzen? oder sind sie bei ihnen überhaupt nicht aufgetreten? Sind nur wenige bis zur Sclerotienbildung gekommen, und nur einzelne unter diesen zur Ausbildung der Rhizomorphen? oder sind Sclerotien Rückbildungen aus dem einst besessenen Rhizomorphenzustande? — Dies sind Fragen, deren Lösung auf der Grenze jeder sicheren Entscheidung liegt. Aber wie dem auch sei, vom morphologischen Gesichtspunkte aus sind die Sclerotien besitzenden Pilze höher differenzirt, als diejenigen, die über die fadigen Mycelien nicht hinauskamen, und die Rhizomorphen bildenden stehen noch über diesen.

Systematisch haben diese vegetativ bedeutenden Unterschiede nur einen beschränkten Werth, denn sie finden sich unzweifelhaft bei naheverwandten Pilzen vor z. B. bei den verschiedenen Arten von Coprinus, von denen wenige Sclerotien bilden, die übrigen hingegen nicht.

---

[1]) Von diesen primären Strangbildungen sind die an vielen Fruchtkörpern secundär auftretenden Rhizoiden wohl zu unterscheiden; in der Structur stimmen oft beide ziemlich überein, so dass man im fertigen Zustande nicht unterscheiden kann, ob die Fruchtkörper an den Strängen entstanden oder diese aus den Fruchtkörpern gebildet sind.

Das hier Gesagte gilt auch für die Ascomyceten[1]), bei welchen die Sclerotien in dem gleichen Verhältnisse zu den Mycelien stehen, wie bei den Basidiomyceten, und fortwachsende Stromata oder ein Thallus z. B. der Flechten den höheren Zustand der Sclerotien bezeichnen, analog den Rhizomorphen des Agaricus melleus. In meiner vorläufigen Mittheilung über die Entwicklung der Rhizomorphen des Agaricus melleus (Vortrag in der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin, Sitzungsbericht vom Juni 1876) habe ich bereits auf die Analogie im Bau des Flechtenthallus und der Rhizomorphen nachdrücklich hingewiesen.

In voller Uebereinstimmung mit der weiteren Entwicklung, welche die Sclerotien erfahren, steht auch hier das Verhalten der Rhizomorphen. Sie entwickeln direct aus sich die Fruchtkörper des Agaricus, oder wenn dies nicht erfolgt, so erneuern sie nach der Ruhezeit ihren Vegetationspunkt, erzeugen auch an beliebigen Stellen neue Entwicklungsheerde, um das vegetative Leben fortzusetzen. Im ersten Ursprunge ist die Bildung eines neuen Sprosses und die Bildung eines Fruchtkörpers nicht wesentlich verschieden, beide bilden sich durch Aufbrechen der Rinde aus den inneren Markzellen und der medullaren Masse, in beiden Fällen ist der Ursprung nicht auf eine Zelle oder auf einen Faden zurückzuführen, sondern eine Summe von diesen leitet gleichzeitig die Bildungen ein, die hier wie dort aus nur vegetativ entstehenden Elementen sich aufbauen (man vergleiche Fig. 7—4. Taf. II von *Hartig's* Krankheiten der Waldbäume).

Hiermit sind wir zum Ausgangspunkte unserer morphologischen Betrachtung zurückgelangt; sie ist natürlich abgeschlossen und vollendet. — An meinen künstlich gezogenen Rhizomorphen ist im nächsten Herbst keine Fructification erfolgt, sie leben noch, werden aber unter den erschwerenden Umständen mehrjähriger Erhaltung wohl kaum den zweiten Herbst erreichen. Vielleicht fructificiren die Rhizomorphen überhaupt erst nach mehreren Jahren und nicht im

---

[1]) Die bei vielen Ascomyceten vorkommenden Dauerzustände, welche die Ascusfrüchte auf den verschiedensten Stadien ihrer Entwicklung annehmen können z. B. bei Erysipheen nach der Anlage der Ascen in den Perithecien, (ähnlich bei Rhytisma und anderen verwandten Formen), ferner bei Penicillium vor der Bildung der Ascen an den bereits bedeutend ausgewachsenen ascogonen Hyphen etc., sind als morphologische Bildungen anderer Art, als sclerotienähnliche Zustände von Fruchtkörpern nicht mit den Sclerotien gleichzustellen. Man vgl. *Wolff*, Erysiphe graminis und communis, Landw. Jahrbücher IV., ferner *Brefeld*, Schimmelpilze II. Heft, Penicillium.

ersten, vielleicht sind aber auch die äusseren Verhältnisse für eine Auskeimung weniger günstig und nicht in gleicher Weise herzustellen, wie sie in der Natur obwalten.

Bei den Rhizomorphen ist die Phosphorescenz, die Fähigkeit der Stränge im Finstern zu leuchten, eine lange bekannte und vielfach beschriebene physiologische Eigenthümlichkeit; die ältere Literatur hierüber findet sich bei *de Bary*[1]) angegeben. Ich hatte Gelegenheit die Erscheinung an meinen Culturen in einem Glanze zu sehen, wie sie wohl kaum einmal früher beobachtet sein kann, weil gleich colossale Massen von Rhizomorphen erst durch meine Culturen hergestellt sind.

In dem Entwicklungsabschnitte, in welchem die Rhizomorphen in den Nährlösungen wachsen, also nicht unmittelbar mit der Luft in Berührung kommen, leuchten sie nicht. Ich habe aber bereits angegeben, wie bei meinen Culturen durch die enorme Massenentwicklung im Innern der Flüssigkeit ein mechanisches Aufstauen, ein Erheben über die Nährlösung, veranlasst wurde. Wenn dieses eingetreten war, wenn also die wachsenden Rhizomorphen mit der freien Luft in Berührung kamen, fingen sie an zu leuchten. Das Licht war anfangs nicht besonders intensiv, und hatte einen weissen etwas in's bläuliche spielenden Farbenton, es nahm aber bald an Intensität erheblich zu, als nämlich (wie erwähnt) eine allgemeine oberflächliche Hyphenaussprossung den Strang umhüllte. Diese freien dem Strange entsprossenden mycelialen Hyphen besassen die Fähigkeit der Phosphorescenz in einem hohen Grade. Die ganze Oberfläche der Culturmasse, die gleichmässig mit den Hyphen überwachsen war, erglänzte in wunderbarem Lichte. Als ich, einmal ganz zufällig den Abend über in meinem Laboratorium bleibend, die Wirkung dieser imposanten Erscheinung an mehr als 20 grossen Culturen bei dem Oeffnen des Schrankes, worin die Culturen standen, unerwartet empfand, wich ich unwillkürlich vor Erstaunen zurück. Ich erleuchtete die Räume, und die Erscheinung verschwand — bei abermaliger Finsterniss von Neuem wiederkehrend. Von dieser Zeit an habe ich sie jeden Abend beobachtet, so lange, bis durch die früher beschriebene mächtige Hautbildung, welche die ganzen Culturen nach aussen abschloss, oder durch Bräunung der Rinde die einzelnen Stränge in den Zustand der Ruhe übergegangen und die aussen hervor-

---

[1]) Morphologie der Pilze S. 228 und 229.

gesprossten Hyphen abgestorben waren. In kalten Räumen von 1—2° verblasste die Erscheinung nicht merklich und steigerte sich in gewöhnlicher Zimmertemperatur so wenig, dass ich den Unterschied nicht sehen konnte. Es ist möglich, dass die zu grosse Intensität der Erscheinung den etwaigen Einfluss der Temperatur so weit ausglich, dass er nicht zu sehen war. Nur lebende Hyphen von Strängen, die frei mit der Luft in Berührung kommen und keine cuticularisirten Membranen besitzen, zeigen die Erscheinung; ob sie wachsen, d. h. an Dimensionen zunehmen, scheint mir unwesentlich zu sein, denn die Hyphen leuchteten wochenlang, während sie nicht irgend erkennbar länger wurden.

Die Spitzen der Rh. subterranea, soweit sie nicht gebräunt sind, leuchten spurenhaft, man sieht es nur in tiefer Finsterniss. Da die Bräunung der Rinde der Erscheinung ein Ende macht, diese Bräunung bei der Rh. subterranea gleich hinter der Spitze eintritt, so folgt hieraus begreiflicher Weise, dass diese Form der Rhizomorpha für die Beobachtung der Erscheinung kaum geeignet ist.

Eine andere physiologische Eigenschaft der Stränge wird von *Sachs*[1]) in der Geschichte der Botanik erwähnt. Die Stränge der Rh. und wahrscheinlich der Rh. subterranea sollen negativ heliotropisch sein. Ich hatte ausgiebige Gelegenheit etwaige Beziehungen der Rhizomorpha betreffs ihres Wachsthums zum Lichte zu beobachten, aber ich habe nichts gesehen, was hierfür sprach. Die Rhizomorphen der Rh. subterranea wuchsen im Lichte nach allen Richtungen durcheinander, gerade so wie diejenigen, die im Finsteren standen, eine Beeinflussung der Wachsthumsrichtung, eine Abneigung gegen die Lichtquelle, habe ich nicht beobachten können; von der Rh. subcorticalis erst gar nicht zu reden, denn die aus der Nährlösung hervorwachsenden Stränge standen bald still, und zeigten weder in der Nährlösung noch ausser ihr die leiseste Beziehung zum Lichte.

Wider alles Erwarten ist die künstliche Cultur des Agaricus melleus gelungen. Einer unserer Pilzriesen ist von der einzelnen Spore ausgehend in dem Gange der morphologischen Differenzirung Zug um Zug verfolgt worden. Die mitgetheilten Thatsachen geben uns im Verein mit den hervorgehobenen biologischen und physiologischen Momenten, mit der Lebensweise des Pilzes, mit

[1]) *Sachs*, Geschichte der Botanik, p. 601.

seinem Parasitismus, der Art seiner Ernährung und seiner Verbreitung in der Natur, ein Gesammtbild von dem Leben des Pilzes in einer Klarheit und Durchsichtigkeit, wie es nur von irgend einer Pflanze bekannt ist.

Das letzte Hinderniss, welches die Grösse, die massigen Formen eines Pilzes seither der exacten Methode entgegensetzten, ist nunmehr in einem ersten Falle, in dem Agaricus melleus, siegreich überwunden worden.

Ein kurzer Rückblick auf frühere Kenntnisse genügt, die Bedeutung der von mir in die Mycologie eingeführten und schrittweise vervollkommneten Methoden der Cultur darzulegen. Weitere Fälle werden sich dem ersten vorhandenen bald anschliessen.

Nur anhangsweise will ich an dieser Stelle die Familien der Hydneen, Polyporeen und Thelephoreen kurz berühren. Sie bilden, wie ich früher bei Amanita schon ausführte, den Agaricinen zunächst verwandte Reihen, die unabhängig von diesen aus angiocarpen Gasteromyceten aller Wahrscheinlichkeit nach hervorgegangen sind. Sie unterscheiden sich von den Agaricinen, mit welchen sie die Ausbildung eines Hutes, der das Hymenium im reifen Zustande auf der Unterseite trägt, gemein haben, wesentlich durch die abweichende Structur des Hymeniums. Dieses tritt nicht in Blättern auf, in Lamellen, sondern in Form von Stacheln und Röhren. Bei den Thelephoreen fehlt sogar jede Formausbildung des Hymeniums. Es ist möglich, dass sie ursprünglich nicht vorhanden war, oder dass sie im Laufe der Zeit verloren gegangen ist; in letzterem Falle würden die Thelephoreen wohl nicht eigenen Ursprunges sein und von den Gasteromyceten abstammen, sondern wahrscheinlich als Rückbildungen in der Form auf die drei anderen Familien, vielleicht auf die Agaricinen, zurückzuführen sein.

Die Formen dieser Familien sind gross und stattlich, oft grösser noch als die grössten Agaricinen. Ihre Cultur wird im Laufe der Zeit unzweifelhaft gelingen, wie sie mir beim Agaricus melleus gelang, aber es war mir bis jetzt nicht möglich, sie neben meinen anderen Arbeiten in den beschränkten Räumen, über welche ich verfüge, auszuführen. Meine vorläufigen Beobachtungen ergaben, dass die Sporen der Pilze keimen und Mycelien bilden, wie die Agaricinen. Stäbchenbildungen habe ich an ihnen bis jetzt nicht gesehen. Es ist

sehr wahrscheinlich, dass die Mycelien lange leben, eine grosse Ausdehnung gewinnen und die Fruchtkörper nur in bestimmter Jahreszeit erzeugen.

Bei Trametes Pini, einer Polyporee, entstehen die Fruchtkörper wohl nicht an einem Faden, sondern auf reichen Mycelbildungen, welche sich an abgehauenen Aststumpfen als Astschwamm gleichsam ansammeln. Aus ihnen formen sich zuerst in der von *Hartig*[1]) beschriebenen Weise an der unteren Seite die hymenialen Elemente, welche sich mit dem wachsenden Hutrande vermehren und zugleich in den älteren Partien verlängern. Der Pilz erreicht ein hohes Alter, indem er jährlich durch Marginal- und Dickenwachsthum an Grösse zunimmt. Ob der Fruchtkörper mit dem ursprünglichen Mycelium, worauf er entstand, in Verbindung bleibt oder durch Erzeugung eines secundären Myceliums, durch Strangbildung, sich selbst ernährt und somit ganz selbständig wird, konnte vorläufig nach der natürlichen Lebensweise des Pilzes mit Sicherheit nicht festgestellt werden.

Alle bis jetzt mitgetheilten Untersuchungen betrafen ausschliesslich die verschiedenen Typen der Hymenomyceten. Diese wurden seither als eine natürliche Abtheilung den Gasteromyceten gegenüber gestellt, denjenigen Basidiomyceten, welche durch typisch angiocarpe Fruchtkörper ausgezeichnet sind. Ich habe diese mit durchaus richtigem Tacte getroffene Abtrennung der beiden Abtheilungen durch Amanita dahin überbrückt, dass ich darlegte, wie Amanita-ähnliche Formen den natürlichen Uebergang von den Hymenomyceten zu den Gasteromyceten bilden, wie die Hymenomyceten mit dem Hymenium auf der Unterseite des Hutes sich aus den rein angiocarpen Formen der Gasteromyceten entwickelt haben. Es erschien darum zweckmässig, sie als semiangiocarpe Formen, als abgeleitete Bildungen, von den rein angiocarpen Hymenomyceten zu unterscheiden, um in diesen Bezeichnungen zugleich ihren Unterschied von der dritten Abtheilung der Basidiomyceten, den rein gymnocarpen Formen mit dem Hymenium auf der Oberseite des Fruchtkörpers hervorzuheben.

Es bleibt uns daher noch übrig den Repräsentanten dieser beiden anderen Abtheilungen unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden, und zwar zunächst den Gasteromyceten.

[1]) *Hartig*, Trametes Pini, wichtige Krankheiten der Waldbäume.

Gasteromyceten.

Unter den Gasteromyceten habe ich viele bei uns vorkommende Formen untersucht. Die Sporen von verschiedenen Geaster- und Lycoperdon-Arten, ferner von Gautiera[1]) und anderen keimten mit allen bis jetzt angewandten Hülfsmitteln nicht. Es ist anzunehmen, dass hier besondere Keimungsbedingungen obwalten, denen sich nur in der Weise allmählich auf die Spur kommen lässt, dass man nach jedem vergeblichen Versuche die Frage schärfer stellt und sie schliesslich durch die immer enger gezogenen Parallelen vergeblicher Versuche auf die allein zugängliche Methode begrenzt. Ein endliches Gelingen dieser Versuche, die ich seit lange fortsetze, ist mir so wenig zweifelhaft, wie einst die Auffindung der Ascusfrüchte von Penicillium.

Auch die Sporen von dem grossen Phallus[2]), den ich von den beiden bei uns vorkommenden Phallus-Arten in der Natur lebend bis jetzt allein gesehen habe, keimten nicht; es traten immer Bacterien in den Culturen auf, die sie früh vernichteten. Die Gewinnung reinen Sporenmaterials ist nur dann möglich, wenn

[1]) Gautiera besitzt unter den Gasteromyceten keine Peridien.

[2]) Phallus zeigt in der Differenzirung des Fruchtkörpers, namentlich auch in der Ausbildung eines grossen centralen Stieles Anklänge an Amanita. Durch die spätere Streckung des Stieles werden hier sämmtliche Hüllen (Peridien) bis auf das Hymenium aufgesprengt; der sich gleichmässig mehr aufblähende als streckende Stiel trägt dies frei an seiner Spitze. Bei Amanita wird nur die äussere Hülle, die Volva (äussere Peridie), aufgesprengt, die anderen bleiben bestehen und bilden die Masse des Hutes. Sie reissen mit der Streckung des Stieles unten auf, wobei sich das Hymenium vom Stiele abtrennt, der sich nur an der Spitze streckt. — Von den Formen mit centraler Stielanlage nach dem Typus von Phallus existiren gegenwärtig nur wenige; die anderen hingegen nach dem Amanita-Typus haben eine grosse Verbreitung gefunden.

man das Glück hat einen Fruchtkörper anzutreffen, von welchem die Gleba eben abtropft, und dies Glück habe ich nur einmal bei Regenwetter genossen, wo ich von ihm keinen Gebrauch machen konnte. Dagegen habe ich mich in vielen Fällen vergewissert, dass die Fruchtkörper, die in den jüngsten Zuständen leicht an den Mycelsträngen anzutreffen sind, nur durch reiche vegetative Sprossung gleicher Hyphen entstehen, wie wir es bei den Agaricinen kennen gelernt haben; die weitere Differenzirung hat *de Bary*[1]) bei Phallus caninus beschrieben, worauf ich verweise.

Bei den Nidularieen keimen die Sporen, von einer mässigen Temperatur (15—18°) unterstützt, leicht und sicher. Die Mycelien entsprechen denen des Coprinus ephemerus. Schallenbildungen kommen an den Hyphen vereinzelt vor, auch hie und da Hyphenfusionen. Die Mycelien werden sehr gross und zeigen, sobald sie älter werden, eine Neigung zur Strangbildung. Wenn sie Störungen erfahren durch Bacterien, oder wenn sie schlechte Ernährung finden, zerfallen mitunter ihre Fäden in Gliederzellen verschiedener Länge, die von Neuem keimen und wieder Mycelien bilden. Häufig ist das Zerfallen unvollständig, weil mit der Zergliederung der Inhalt in einzelne Zellen wandert, die gemmenartig von leeren unterbrochen werden, ähnlich wie beim Mucor racemosus (Taf. VIII, Fig. 4). Ob wir in diesen Bildungen, die *Eidam*[2]) im Herbst 1876 beschrieben hat, rudimentäre Stäbchenbildungen anzunehmen haben, weiss ich nicht, ich halte diese Deutung nicht für unwahrscheinlich.

Die Fruchtkörper, welche ich bei Crucibulum vulgare genau untersucht habe, entstehen an den Fäden der Mycelien, öfter auch an strangförmig verbundenen Fäden durch reiche vegetative Verzweigungen. Aus diesen bildet sich zuerst ein Knäuel dicht verbundener gleichförmiger Hyphen, welcher aber schon in den nächsten umfangreicher gewordenen Stadien der Entwicklung von unten nach oben drei Schichten verschiedener Art unterscheiden lässt. Eine mittlere hellere Zone von Hyphen grenzt in concaver Wölbung eine untere Partie von einer oberen inneren ab. Nur im unteren Theile der Fruchtanlage sind die drei Zonen deutlich, sie gehen nach oben, auf der Grenze der mittleren, in einander über. Diese drei Theile der ersten Differenzirung nehmen je für sich an Aus-

---

[1]) *De Bary,* Beiträge zur Morphologie der Pilze I, Ueber Phallus.

[2]) *Eidam,* Beiträge zur Biologie II, und II. Heft die Keimung der Sporen und die Entstehung der Fruchtkörper bei den Nidularieen.

dehnung zu in dem Maasse, als die Fruchtanlage wächst und aus der kugeligen Gestalt in die becherförmige übergeht, sie erfahren damit zugleich weitere Differenzirungen.

Die äussere Schicht, rings die Fruchtanlage umgebend, wird zum Becher der Frucht und zeigt bald zwei secundäre Zonen, die sich nach der Farbe der Hyphen und der Dichtigkeit ihrer Verflechtung mehr oder weniger deutlich abheben, und in der Kuppel, auf der Grenze der inneren Schicht sich so verlieren, dass man weder diese noch die äusseren unterscheiden kann. Die äussere dieser secundären Zonen der Aussenschicht ist braun und dicht, geht aber nach aussen in lose Hyphen über, welche die haarförmige Umkleidung des Fruchtkörpers bilden, während die innere weniger gefärbt ist und vorzugsweise in ihren äusseren Partien heller erscheint. — Die Mittelschicht nimmt zunächst bedeutende Dimensionen an, sie erstreckt sich an den Seiten bis zur Kuppel und bildet in ihrer Form gleichsam einen Sack, welcher die Innenschicht umschliesst bis auf den oberen Theil in der Kuppel, wo letztere direct in die äussere Schicht übergeht. Die Hyphen der Mittelschicht erscheinen im Gegensatz zu denen der äusseren Schicht lichthell und durchscheinend. Es verschwinden nämlich die Luftinterstitien zwischen den Fäden, deren Membranen vergallerten; es geht die ganze Masse der Mittelschicht in ein Gallertgewebe über. Gerade hierdurch setzt sich die Mittelschicht scharf von der Innenschicht ab, deren dicht verflochtene Hyphen zunächst lufthaltig bleiben und darum dunkel aussehen. — Das Hyphengeflecht der Innenschicht verliert aber schon sehr früh seine Gleichmässigkeit dadurch, dass mit seiner Massenzunahme einzelne beschränkte Partien dichter werden, während die sie umgebende Grundmasse gradatim heller wird, indem mit eintretender Vergallertung der Membranen auch hier die Luftinterstitien verschwinden. Diese dichteren Partien heben sich nesterartig in der Umgebung ab, welche durch die Bildung von Gallertgewebe der Mittelschicht später mehr und mehr gleich wird und schliesslich nur mehr durch einen schmalen Grenzcontour dichterer Hyphen unterschieden werden kann.

Die Nester sind die jungen Sporangien. Nachdem sie angelegt sind, wächst mit dem Wachsthum der ganzen Fruchtanlage vorzugsweise die Innenschicht; die Mittelschicht nimmt gegen sie gleichsam an Dicke ab und wird schliesslich zu einer schmalen Zone, einer inneren Bekleidung der Aussenschicht. In der Mitte der Sporangien gibt sich die erste weitere Differenzirung durch

einen lichthellen Längsstreifen zu erkennen. Er wird zu einer Höhlung, welche das Hymenium umkleidet. Ob diese Höhlung durch Auflösung centraler Hyphen zu Gallerte gebildet wird, kann man nicht sicher entscheiden, es ist aber wahrscheinlich, weil die Höhlung hell, also gefüllt erscheint, während sie sonst, nur von Luft gefüllt, dunkel aussehen müsste.

Nach der Bildung der Höhlung im Innern werden in der peripherischen Masse des Sporangiums drei Zonen unterscheidbar: eine mittlere sehr mächtige und dichte, welche in die innere helle des Hymeniums übergeht, und eine äussere losere, welche mit dem Wachsthum der Sporangien schmäler wird, weil sie hieran keinen weiteren Antheil durch Vermehrung zu nehmen scheint. Die Sporangien erhalten, grösser werdend, eine linsenförmige Gestalt. Sie nehmen eine schräge Stellung zur Wand des Bechers ein. Nach einer der Wand zugekehrten Seite gehen die beiden äusseren Zonen des Sporangiums in seiner Mitte, die etwas eingesenkt erscheint, in einander über. An eben dieser Stelle erscheint eine Partie der umgebenden Grundmasse besonders auffällig. Sie nimmt an der allgemeinen Vergallertung der Membranen der Hyphen keinen Antheil, sieht darum dunkel aus und hat die Form eines runden Ballens, welcher sich nach unten nur wenig verschmälert. Er wird erst recht deutlich, dichter und grösser, wenn die Sporangien sich der Reife nähern. Am innern Umfange der Höhlung in den Sporangien ordnen sich die Hyphen pallisadenartig. Ein Theil von ihnen schwillt an und wird zu den sporenabschnürenden Basidien, während andere steril zwischen diesen zu enden scheinen. Die Höhlung wird mit den abgeschnürten und abgefallenen Sporen ausgefüllt, und, wenn dies geschehen ist, geht die Masse der Mittelzone des Sporangiums, von welcher das Hymenium entsprang, durch Verdickung der Membranen in den Dauerzustand über. Die steril gebliebenen Fäden des Hymeniums gehen von ihm aus und verlaufen zwischen den Sporen. Am Umfange der Mittelzone bildet sich eine dunkle, später cuticularisirte Haut aus; damit zugleich werden die Hyphen der äusseren Zone dunkel, besonders in ihrer Peripherie, die sich auch hautartig ausbildet.

Die fertigen Sporangien, deren Zahl in einem Becher selten mehr als 12 beträgt, sind von zwei braunen Häuten umgeben, welche eine sclerotienähnliche Medullarmasse umschliessen, in deren Mitte die Sporen liegen. Die äussere dieser Häute ist sehr gebrechlich und geht meist verloren, so dass nur die innere übrig bleibt. Sobald die Sporangien reif sind, bricht der Becher in der Kuppel

auf, seine Ränder schlagen sich um, das Gallertgewebe der Mittel- und Innenschicht trocknet ein, und die Sporangien sinken allmählich mit dem Verschwinden des sie umgebenden Gallertgewebes in den Boden des Bechers zusammen. Sie liegen hier frei und offen da, sind an keiner Stelle mit der Wand des Bechers verbunden. Sie haben eine linsenförmige Gestalt und tragen an ihrer Aussenseite als weissen zapfenartigen Vorsprung, in der Mitte angeheftet, den vorher erwähnten Ballen von dichten Hyphen, welche nicht zu Gallertgewebe geworden sind.

Die Verbindung dieses Hyphenballens mit dem Sporangium liegt in der Einsenkung, welche mit dem Zusammenfliessen der beiden äusseren Zonen des Sporangiums gegeben ist. Der Hyphenballen hat keine natürliche Verbindung mit der Wand des Bechers. Er entsteht in der Innenschicht des Fruchtkörpers, und ist folglich durch die Masse der Mittelschicht, die zu Gallerte wird und sich auflöst, von dieser getrennt. Man hat diesen Hyphenballen unberechtigter Weise einen Nabelstrang genannt, wohl desshalb, weil man annahm, dass er die natürliche Verbindung der Sporangien mit der Becherwand bildet, die man in Form eines langen Stranges auch bildlich darstellte. Eine solche Verbindung existirt nicht; ebensowenig hat der Ballen in seiner natürlichen Beschaffenheit die Form eines langen Stranges, er ist vielmehr kurz und stumpf. Aber er entwickelt sich, wenn er in Wasser gebracht wird, zu einem langen Strange, zu einem Bündel von Hyphen, welches nach seiner Entwicklung die 10—20fache Länge (des Ballens in unentwickelter Gestalt) annimmt. Dass es aber nicht schon im Fruchtkörper diese Gestalt gehabt, dass der entwickelte Ballen nicht strangartig vom Sporangium zur Becherwand verläuft, das lehrt jede entwicklungsgeschichtliche Beobachtung der Fruchtkörper. Wäre der Strang mit der Becherwand verbunden, so müssten die Sporangien festsitzen, er würde, sich vorher entwickelnd, die Verbreitung der Sporangien hindern, die er wahrscheinlich zu befördern bestimmt ist.

In dem kurzen unentwickelten Ballen liegen in dichten Schlangenwindungen die Hyphen wie in einem Knäuel Garn zusammengefaltet. Die Hyphen sind fein wie alle Fäden des Pilzes. Die Membranen der Hyphen sind stark verdickt, so dass man ein Lumen kaum sehen kann. An den Scheidewänden finden sich fast ausnahmslos Schnallenfusionen, die durch die starke Membranverdickung undeutlich erscheinen, sie sind schon von *Tulasne* erwähnt und von *de Bary* in

der Morphologie der Pilze abgebildet worden[1]). Die Fäden haben wenig Verzweigungen, aber nicht selten seitliche Anastomosen. Vielleicht ist die natürliche eingefaltete Lage der Hyphen in dem Ballen dadurch zu Stande gekommen, dass sich die fortwachsenden Enden in dem umgebenden Gallertgewebe nicht ausdehnen konnten und also mit fortdauernder Verlängerung und verhinderter Ausdehnung von selbst zusammenlegen mussten. Sie entwickeln sich desshalb auch wie zusammengelegte Fäden ohne sich zu verknäueln. Aber desto leichter tritt die Verwicklung der Fäden mit einem beliebigen Hinderniss ein, dem sie sich dann mit grosser Festigkeit anhängen.

Da die Becher oft schon bald nach ihrer Oeffnung die Sporangien verloren haben und leer sind, so scheint es mir wahrscheinlich, dass sie von Thieren besucht werden, dass diese die Sporangien forttragen, entweder absichtlich oder nur zufällig, indem sie ihre Beine in dem sich auflösenden Hyphenknäuel verwickeln. Freilich habe ich nie Thiere in den Bechern angetroffen; es bleibt aber ohne die Beihülfe von Thieren kaum erklärlich, wie die Sporangien so schnell aus den Bechern herauskommen sollten. Es ist auch nicht unmöglich, dass die Sporangien, von den Thieren fortgetragen, später von diesen gefressen werden. Zwei Gründe sind es besonders, die dafür sprechen, dass dies geschieht, einmal die Thatsache, dass die Sporen nur bei erhöhter Temperatur und vorzugsweise leicht in Mist oder Mistdecoct keimen, dann der Umstand, dass die Sporangien sich nicht von selbst öffnen. Gerade hierüber habe ich viele Versuche gemacht, die Sporangien in den verschiedensten Formen cultivirt, ohne dass jemals eine natürliche Oeffnung eingetreten wäre, um die Sporen zu entlassen; das Endresultat der Cultur war immer eine Fäulniss der Sporangien. Es wird hierdurch von selbst nahegelegt, dass die Sporen in anderer Weise in Freiheit kommen müssen, und von den verschiedenen Möglichkeiten hat jedenfalls die, dass die Sporangien von Thieren gefressen werden, die grössere Wahrscheinlichkeit für sich. Die dicken Gewebsmassen der reifen Sporangienwand, welche aus farblosem sclerotienartig verdicktem Hyphengeflechte bestehen und die Sporen

[1]) Die Schnallenfusionen kommen sowohl an Fruchtkörpern wie an Mycelien der verschiedensten Basidiomyceten vor. Ihr Auftreten an den Elementen der Fruchtkörper muss jeden Gedanken zurückdrängen, dass diese Verschmelzungen mit Rücksicht auf ihre regelmässige und bestimmte Form eine sexuelle Bedeutung haben, dass sie mit der Bildung der Fruchtkörper in einem ursächlichen Zusammenhange stehen.

einschliessen, werden wahrscheinlich den Thieren als Nahrung dienen, die Sporen werden dann im Leibe frei und keimen von der Wärme des Körpers unterstützt, um in den Faeces als geeignetem Substrat nach erfolgter Keimung sich weiter entwickeln.

Die Abweichungen meiner Beobachtungen namentlich von den Darstellungen von *Sachs*[1]) ergeben sich bei jedem Vergleiche von selbst. Die den Text erläuternden Abbildungen konnten in den beigefügten Tafeln keinen Platz finden, ich werde sie späteren Heften dieser Schimmelpilze anschliessen, wenn es mir möglich geworden ist, auch die übrigen Nidularieen, betreffs der Entwicklung der Fruchtkörper vergleichend hinzuzuziehen.

Ich wende mich jetzt den rein gymnocarpen Basidiomyceten zu, den Clavarieen und Tremellinen, welche ihr Hymenium an der Oberseite des Fruchtkörpers tragen, eine Erörterung der verwandtschaftlichen Beziehungen dieser Formen zu den angiocarpen und semiangiocarpen Typen einer besonderen Schlussbetrachtung vorbehaltend.

---

1) *Sachs,* Botanische Zeitung 1855.

Clavarieen und Tremellinen.

Die Sporen der grossen Clavarieen keimen und bilden Mycelien von fast gleicher Art wie die der semiangiocarpen Agaricinen. An den Mycelien treten vereinzelt Stäbchenfructificationen auf, welche nicht keimen; Fruchtkörperbildung habe ich in meinen Culturen bis jetzt nicht erreicht.

Ein ungleich günstigeres Material für die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung ist in den kleinen Typhula-Arten gegeben, die häufig vorkommen, von denen ich T. variabilis und complanata genau untersucht habe. Die Sclerotien beider Pilze kommen namentlich im ersten Frühjahr vor. Sie keimen leicht nach kürzerer oder längerer Zeit, und mit den Sporen der Fruchtkörper (Taf. VIII, Fig. 1) habe ich künstliche Culturen gemacht. An den Mycelien treten zunächst Stäbchenbildungen (Fig. 2) in grosser Menge auf. Sie sind denen von Coprinus durchaus ähnlich und vergehen ohne jede Keimung. Lange Zeit nach diesen Stäbchenbildungen werden die Sclerotien erzeugt. Sie entstehen an einzelnen Fäden durch reiche Verzweigung und wachsen ähnlich wie die Sclerotien von Coprinus stercorarius. Wenn die Vermehrung der Elemente durch Verzweigung aufhört, beginnt die Einlagerung von Nährstoffen mit gleichzeitiger Wasserausscheidung in Tropfen, und darauf erfolgt der Uebergang in den Dauerzustand. Er wird äusserlich durch Färbung der Rinde angedeutet, die ein farbloses Mark umgibt. Bei Typhula variabilis besteht das Mark aus dicht verflochtenen Hyphen, die vielfach Luftinterstitien führen, und daher kaum die Structur eines Gewebes angenommen haben. Der Inhalt der wirr verflochtenen Fäden ist hell lichtglänzend und fast körnchenfrei, die Membranen sind nicht verdickt (Fig. 3*a*). Die oberflächliche Hyphenzone dagegen hat sich durch starke

seitliche Dehnung der Hyphenzellen lückenlos verbunden. Die Zellen sind durch die Ausdehnung in tangentialer Richtung wellenförmig buchtig in einander gewachsen wie die Epidermiszellen bei phanerogamischen dicotyledonen Pflanzen (Fig. 3*b*). Nach der engen Verbindung ist eine sehr bedeutende Verdickung der Membranen der Aussenseite eingetreten. Sie sieht einer mächtigen Cuticula ähnlich, mit verschieden gefärbten Zonen in der dicken Membran (Fig. 3*a*). Von der Fläche gesehen heben sich die Verbindungsstellen der einzelnen Zellen in dicken Vorsprüngen, die besonders dunkel gefärbt sind, auf's deutlichste ab. Nur eine einzige Zellzone bildet die Rinde, gleich unter ihr befindet sich das farblose Mark aus verflochtenen Hyphen. Die Sclerotien von Typhula (Clavaria) complanata weichen in soweit in ihrem Bau von denen der T. variabilis ab, als sie ein Mark aus Hyphen besitzen, deren Membranen stark verdickt erscheinen, und zwischen denen die Luftinterstitien meist verschwunden sind[1]).

Die Keimung der Typhula variabilis erfolgt aus einer beliebigen Oberflächenzelle des Sclerotiums, wahrscheinlich aus einer Hyphe, welche unter der cuticularisirten einzelligen Rinde resp. Epidermis liegt. Gleich auf der Rinde bildet sich durch Verzweigungen, die sich parallel zusammenlegen, aus dem Keimanfange ein Hyphenbündel. Eine Keimöffnung in der Rinde ist nicht sicher zu sehen, auch dann nicht, wenn man die Keimanlage wegwischt; sie ist jedenfalls, wenn vorhanden, äusserst enge. In späteren Stadien verbreitert sich die Fruchtanlage an der Basis ähnlich wie bei Coprinus stercorarius, und wenn man dann die Fruchtanlage abhebt, brechen gewöhnlich einige Epidermiszellen mit aus, wodurch ein deutlich sichtbares Loch entsteht. Das Hyphenbündel der Keimanlagen wächst durch Spitzenwachsthum zu beträchtlicher Länge, 2—4 Zoll. heran. Sein Durchmesser bleibt fast derselbe, nur eine geringere Verdickung nach oben, wohl durch gesteigerte Seitenzweigbildung der Hyphen herbeigeführt, ist wahrnehmbar.

Nach etwa 14 Tagen bildet sich an der Spitze das Hymenium aus, welches in keulenförmiger Verdickung das obere Ende des schlanken einfachen Fruchtträgers einnimmt (Fig. 1_3). Dieser beschliesst seine Entwicklung damit, dass die Enden der Fäden zu Basidien anschwellen. Die Bildung der Basidien dauert

---

[1]) Eine Beschreibung der Sclerotien von Clavarieen hat auch *de Bary* in seiner Morphologie der Pilze S. 33 und 34 gegeben.

eine Zeitlang fort; mehrere Tage hindurch werden Sporen abgeworfen und ohne Zweifel die verblühten Basidien durch neue ersetzt, die als Seitenzweige an den tieferen Theilen der verblühten entspringen.

Schon bald nach seinem Hervortreten aus dem Sclerotium treibt der Fruchtträger an seiner Basis reichliche Rhizoiden aus, die später, während die unteren sich verlängern, auch höher am Stiele entspringen und wie ein Bart den Fuss des Fruchtträgers umgeben (Fig. 1_4).

Die Keimung der Typhula complanata aus den Sclerotien erfolgt in etwas anderer Form. Hier treten aus dem Innern des Sclerotiums, dessen Rinde zu einer grossen Oeffnung weit auseinander getrieben wird, die Hyphenbündel der Keule hervor. Sie gehen unmittelbar in die Hyphen des Markes über, von denen sie entspringen. — In beiden Fällen aber, sowohl bei der Typhula variabilis wie der T. complanata ist die Bildung der Fruchtanlage aus den Hyphen des Sclerotium-Markes, sowie die Bildung des Sclerotiums selbst eine rein vegetative; hier wie dort ist die Fruchtkeule aus dem gleichen Hyphenelemente gebildet, welches vegetativ aus dem Sclerotium hervorgeht, ebenso wie dieses selbst vegetativ am Mycelium entspringt.

Die Fruchtkörper der Tremellinen sind in ihrer Structur weit ausführlicher, als es bis jetzt von mir geschehen konnte, von *Tulasne*[1]) untersucht. Es geht aus seinen Darstellungen und Abbildungen hervor, dass diese Pilze von allen Basidiomyceten am einfachsten gebaut sind. Die Fruchtkörper sind aus einem uniformen Hyphenelemente aufgebaut, dessen letzte oben endende Verzweigungen anschwellen und zu sporenabschnürenden Basidien werden. Die Sterigmen der Basidien sind oft enorm lang und ragen mit ihren Spitzen aus einer homogenen Gallertmasse hervor, in welcher bei manchen Formen die Hyphen des Fruchtkörpers eingebettet liegen. Meine Beobachtungen über den Bau der Fruchtkörper stimmen, soweit ich bis jetzt Tremellinen untersucht habe, mit denen *Tulasne's* überein. Ich habe in Taf. VIII, Fig. 5 eine Abbildung der Tremella foliacea gegeben, einen Durchschnitt durch das Hymenium. Die Basidien, die bei anderen der T. foliacea verwandten Formen getheilt sind, oft allerdings, wie auch *Tulasne* abbildet, nur in schwachen Andeutungen, liessen

[1]) *Tulasne,* Observations sur l'organisation des Tremellinées, Annal. d. scienc. nat. III. Série Tome XIX, 1853, ferner: Nouvelles notes sur les Fungi Tremellini et leurs Allié's Ann. d sc. nat. V. Série T. XV.

hier keine transversalen Wände erkennen, sie entsprechen anderen Basidiomyceten abgesehen von der Länge der Sterigmen.

Die Sporen dieser Tremella z. B. konnten ohne Schwierigkeit völlig rein aufgefangen werden und keimten in Nährlösungen leicht und sicher, jedoch nur dann, wenn sie frisch abgeworfen waren. Bei der Keimung wurden bald nach einer, bald nach beiden Seiten der nierenförmigen Sporen Keimschläuche getrieben, welche, wie es die Keimschläuche des Coprinus ephemerus mitunter thun, sofort zur Bildung von Stäbchenfructification übergingen (Fig. 6). Oft löste sich die kaum aus den Sporen auftretende Spitze des Keimschlauches in einen dichten Büschel von Stäbchen auf, die in allen Punkten mit denen übereinstimmten, welche uns von den verschiedenen hier beschriebenen Basidiomyceten bekannt sind (Fig. 6*a* und *d*). Sie hatten die gleiche Form, die gleiche Art der Bildung, entsprangen unmittelbar aus dem Keimschlauche und trennten sich durch eine Scheidewand von diesem ab, um sich dann selbst durch eine Wand zu zergliedern. Diese letzte Wand wurde indess nicht immer ausgebildet, und daher kam es, dass die Stäbchen ganz verschiedene Länge besassen (Fig. 6*d*). Bei allen Sporenkeimungen, die ich beobachtete, wurden sie ausnahmslos gebildet, bald sofort, bald etwas später. Längere Keimschläuche waren häufig ihrer ganzen Länge nach mit den Büscheln der Stäbchenfructification bedeckt (Fig. 6*c*). Diese fielen als solche von den Keimschläuchen ab, um sich dann erst später durch Zergliederung zu einzelnen Stäbchen aufzulösen.

Alle Stäbchen, welche wir bis jetzt kennen lernten, keimten nicht, abgesehen von den schwachen Andeutungen, welche beim Coprinus lagopus beobachtet wurden. Hier bei der Tremella war es anders. Die zerfallenen Stäbchen trieben sogleich dünne Keimschläuche aus, und diese wuchsen allmählich zu grösseren Mycelien (Fig. 6*e* und *f*) heran, ohne dass zunächst an diesen die Stäbchenbildung fortdauerte. Die Mycelien, so entstanden, kamen jedoch nicht zur Bildung von Fruchtkörpern. Diese scheint an bestimmte Jahreszeit gebunden und darum im Wege der künstlichen Cultur nicht leicht erreichbar zu sein. Aus diesem Grunde war es mir auch nicht möglich, die erste Bildung des Fruchtkörpers zu verfolgen. Es kann indess nach seinem Bau und der Analogie mit den anderen Basidiomyceten kaum einem Zweifel unterliegen, dass er vegetativ, wie alle übrigen, entsteht.

Die Stäbchen der Tremella sind in zweifacher Beziehung von besonderem

morphologischem Interesse. Ihr Verkommen bei den Tremellinen überhaupt, dem der übrigen Basidiomyceten analog, weist auf verwandtschaftliche Beziehungen dieser Familie mit den übrigen hin, Beziehungen, die nach dem einfachen Bau und nach anderen Eigenthümlichkeiten, namentlich in der Sporenbildung zweifelhaft erscheinen konnten und mehrfach dahin führten, die Tremellinen als eine besondere Familie von den übrigen Basidiomyceten abzutrennen; (ich komme später auf diesen Punkt zurück). Neben ihrem Vorkommen überhaupt ist auf ihre Keimfähigkeit ein besonderes Gewicht zu legen. Durch sie wird dargethan, dass die Stäbchen hier Fortpflanzungsorgane sind, die der Vermehrung der Individuen dienen, die noch zu einer Zeit diese Zwecke erfüllen, wo die Basidiosporenfrucht, wie hier bei den Tremellinen, völlig differenzirt ist. Ist aber hiernach einerseits der Gedanke zur Seite geschoben, dass sie zur Erzeugung dieser Frucht im ursächlichen Zusammenhange stehen, dass sie eine sexuelle Bedeutung haben, so kann es anderseits nach dem gleichen Vorkommen bei den übrigen Typen der Basidiomyceten, wo sie nicht mehr keimen, kaum zweifelhaft sein, dass sie hier zu rudimentären Bildungen geworden sind, zu Bildungen, die schon nach ihrem vereinzelten Vorkommen bei ein und derselben Art, mehr aber noch durch ihr gänzliches Verschwinden aus dem Entwicklungsgange bei anderen Formen diese Auffassung nahelegen und rechtfertigen[1]).

Zu diesen interessanten morphologischen Details kommt nun noch eine weitere Thatsache hinzu, die eine grössere Bedeutung gewinnt, wie die früheren.

---

[1]) Bei der Tremella mesenterica und Cerasi bildet *Tulasne* (l. c. Ann. d. scienc. nat.) Conidienfructificationen verschiedener Art ab, welche er in den Fruchtkörpern theils zwischen den Basidien theils in besonderen Nestern an der Basis der Fruchtkörper beobachtet hat. Diese stimmen mit der Stäbchenfructification, welche an den Mycelien vorkommt, nicht überein; über ihren morphologischen Werth erlaube ich mir kein Urtheil, bis ich diese Bildungen gesehen und bis im Wege der Cultur ihre Zugehörigkeit zu den Tremellen erwiesen ist, wofür ein gemeinsames Vorkommen soviel wie nichts beweist.

Die Stäbchenfructificationen bei den Basidiomyceten sind, wo sie vorkommen, wohl nur vegetative Mycelabgliederungen und keine eigentliche Fructification. Sie entsprechen, wie ich glaube, den Abgliederungen, welche z. B. an den Mycelien der Entomophthoreen (*Brefeld,* Entwicklungsgeschichte von Empusa Muscae und E. radicans, Abh. der naturf. Gesellschaft in Halle 1870) auftreten. Nur in den Fällen, wo, wie beim Coprinus lagopus, die Stäbchen abgliedernden Fäden kurz bleiben und etwas anschwellen, gewinnt diese vegetative Vermehrung den Anschein einer Fructification. Die Stäbchenbildungen sind der Conidienfructification höherer Pilze nicht homolog, als deren höher differenzirte Formen vielmehr die Fruchtkörper selbst gelten müssen, wie ich demnächst ausführen werde.

Es ist die, dass sich die Bildung der typischen Basidien mit ihren sporentragenden Sterigmen als eine höhere morphologische Differenzirung aus einfacheren Fruchtformen in den Grenzen der noch jetzt lebenden Tremellinen vollzogen hat. Die Frage, wie ist die typische Basidie entstanden? kann bei den Tremellinen gelöst werden, und von ihrer Lösung, mit den sich hieran anschliessenden Consequenzen, ist mehr Aufklärung zu erwarten, wie von einer langen Reihe der mühsamsten Beobachtungen über die Entstehung der Basidiosporenfrucht.

Bekanntlich hat die eigenthümliche Art der Sporenbildung bei manchen Tremellinen die Veranlassung gegeben, sie von den übrigen Basidiomyceten in einiger Entfernung zu halten, wenn auch diese Trennung nach der einen Seite in solchen Formen, die typische Basidien tragen, von selbst wieder zu einer Annäherung nach der anderen Seite führen musste. Neben dieser Eigenartigkeit in der Sporenbildung hatte auch die Keimung mancher Sporen etwas ganz besonderes. Die Sporen z. B. von Dacryomyces deliquescens[1]) keimten mit Sporidienbildung nach bestimmter Theilung. Es kam weiter hinzu, dass die Fruchtkörper in ihrem Bau und die Basidien in ihrem abweichenden Verhalten gegenüber anderen Basidiomyceten ganz entschieden zu der Fruchtform der Teleutosporen bei manchen Aecidiomyceten (Uredineen) hinüberneigten. Diese Beziehungen sind schon früh aufgefallen und von *Tulasne* namentlich hervorgehoben worden, sie sind zu auffällig, um übersehen werden zu können.

Diese abweichende Art der Sporenbildung bei den Tremellinen gegenüber den übrigen Basidiomyceten ist nun von der Art, dass sich gerade in der Abweichung der Ursprung und der Entwicklungsgang der typischen Basidie ausspricht. Diese ist eine secundäre Bildung, die allmählich aus einfachen Conidienformen hervorgegangen ist. In dem Verhalten mancher Basidien z. B. von Tremella mesenterica, wie sie *Tulasne* in Fig. 16—18 Taf. 10 seiner Arbeit über Tremellinen[2]) abbildet, erkennen wir deutlich, dass das lange Sterigma auch eine andere Gestalt wie gewöhnlich annehmen kann, dass es mitunter zu einem promyceliumartigen Schlauche wird, der sich gliedert und seitlich Conidien bildet. Figur 16 und 17 von *Tulasne* stellen vollstän-

---

1) *Tulasne,* l. c. der Ann. d. scienc. nat.
2) *Tulasne,* l. c. der Ann. d. scienc. nat.

dige Promycelien dar, an welchen die Conidien theilweise seitlich sitzen. Diese Bildungen der Conidien, die für sich besehen wie Missbildungen erscheinen, können gewiss nicht mehr als solche gelten, wenn wir sie mit den Promycelien der Aecidiomyceten[1]) vergleichen. Sie sind dann augenfällige Rückbildungen, welche den Gang der Differenzirung bis zum Sterigma verrathen. Sie belehren uns, dass das lange Sterigma der Tremellinen dem Promycelium der Aecidiomyceten homolog ist, dass in diesem, indem es schmäler wurde, die Scheidewände aufhörten, und hiermit die Mehrzahl der seitlichen Conidien auf eine apical gebildete herabsank. In dieser Weise ist das gegliederte Promycelium mit seitlichen Conidien zu einem pfriemförmigen Faden mit einer endständigen Conidie geworden. Die Basidien selbst, die Fadenanschwellungen zur Bildung der Promycelien, sind bei den Tremellinen ursprünglich getheilt gewesen in 2—4 Theile (bei Tremella und Exidia durch transversale Wände). Mit dem Erlöschen dieser Theilungen, die wir in schwachen Andeutungen bei den Basidien verschiedener von *Tulasne* abgebildeten Formen noch erkennen können, ist die Basidie einzellig geworden, sie trägt 4 Sterigmen »pfriemförmige Promycelien« mit je einer Conidie an der Spitze, sie hat die typische Form der Basidiomyceten angenommen. Und fast scheint es, als ob die frühere Theilung des Sterigma und die Mehrzahl der an ihm gebildeten Conidien in einzelnen Fällen auf die zur Einzahl reducirte Conidie übergegangen wäre. Sie theilt sich z. B. bei Dacryomyces deliquescens[2]) noch durch Querwände, wie früher das Promycelium, und jedes Theilproduct bildet eine Sporidie. Diese Sporidien sind aber wohl nicht den Sporidien der Promycelien homolog, weil inzwischen bei den Formen, wo sie vorkommen, der Bildungsgang verändert oder vielmehr verschoben worden ist. Ich halte sie für Secundärsporen ähnlich denen der Entomophthoreen[3]), welche aber hier auf dem Etat des Erlöschens stehen und darum nur mehr vereinzelt vorkommen.

Somit finden in diesen Deutungen nicht bloss die merkwürdigen Sporenbildungen und Keimungserscheinungen mancher Tremellinen, wie sie *Tulasne*

---

[1]) *Tulasne,* Ann. d. scienc. nat. IV. S. T. II. und III. S. T. VII.

[2]) *Tulasne,* l. c. der Ann. d. scienc. nat.

[3]) Man vgl. *Brefeld,* die Entwicklungsgeschichte von Empusa Muscae und E. radicans, Abh. der naturf. Gesellschaft in Halle Jahrgang 1870.

abgebildet hat, ihre natürliche Erklärung, auch die hierbei entstehenden Conidien werden zu längst bekannten Bildungen.

In den Tremellinen hat sich die Bildung der typischen Basidie mit 2 und 4 Sporen vollzogen, in den scheinbaren Missbildungen, in den rudimentären Theilungsvorgängen der Basidien und in der Keimung der Sporen, ist die Art, wie sie stattfand, überzeugend ausgesprochen. — In einzelnen Formen unter ihnen, z. B. in Hirneola auricola und Hypochnus purpureus, bei welchen die Träger zur Sporenbildung nicht anschwellen und sich transversal theilen, sondern fadenförmig bleiben und sich durch Querwände gliedern, sind die Basidien ihrer typischen Gestalt nach auch zur Zeit noch nicht gebildet; die langen Sterigmen tragen aber bereits eine apicale Spore. Indem der Faden sich verkürzt, die Scheidewände in ihm erlöschen und zugleich die Sterigmen auf die Spitze des verkürzten Fadens zusammenrücken, wo sie dann neben einander entspringen, wird aus dem Conidienstande auch hier eine sporentragende Basidie entstehen. Dies dürfte bei den nächstverwandten Formen wie Dacryomyces, Calocera etc. bereits geschehen sein. Weil aber die Bildung der typischen Basidie bei Hirneola und Hypochnus noch nicht eingetreten ist, sind sie und andere hierin mit ihnen übereinstimmende Formen, wie ich glaube mit allem Grunde, als einfachster niedrigster Typus der Tremellinen anzusehen.

Nicht minder überzeugend, wie für die Bildung der typischen Basidie, führen nun weiterhin dieselben Beobachtungen und Betrachtungen auf die nahen Beziehungen hin, in welchen die Teleutosporenlager der Aecidiomyceten mit ihren Promycelien zu den Tremellinen stehen, auf welche schon *Tulasne*[1]) namentlich betreffs Podisoma hingewiesen hat.

Die Teleutospore ist als Spore nur eine adaptive Bildung; dies geht aus einem Vergleich von Cronartium, Chrysomyxa, Coleosporium, und Podisoma mit Triphragmium, Phragmidium, Calyptospora, Uromyces, Puccinia, etc. hervor. Zwischen diesen Formen z. B. zwischen Cronartium, Podisoma und Calyptospora kann die erste Anlage der Basidie und die Bildung der Dauerspore erfolgt sein. Die Anlage der Basidie wird durch eine Anschwellung der fructificirenden Fäden eingeleitet, die bei Cronartium noch fehlt, bei Podisoma

---

[1]) *Tulasne*, l. c. der Ann. d. scienc. nat.

schon deutlich eingetreten ist, sich aber hier wie bei Calyptospora etc. noch durch Scheidewände theilt. Die Bildung der Dauerspore finden wir von Podisoma nach Calyptospora eingeschaltet; sie entsteht offenbar dadurch, dass die Basidie nicht sofort ihre Sporen bildet, sondern dass sie vorher einen Ruhezustand antritt als Dauerspore, und erst bei ihrer Keimung die vorher versäumte also verschobene Sporenbildung nachholt. Diese Verschiebung der eigentlichen Fructification der Sporidien mit Einschaltung der Dauerspore hat sich bei den Aecidiomyceten zwischen Podisoma und den Teleutosporen führenden Formen der Classe vollzogen.

Die Aecidiomyceten mit ihrer Teleutosporenfructification, deren Keimung in Promycelien und Sporidien und die Tremellinen mit ihren ausgebildeten Basidien und den langen sporentragenden Sterigmen sind höchst wahrscheinlich aus naheverwandten Stammformen, vielleicht aus gemeinsamem Ursprunge hervorgegangen, nämlich aus einfachen Conidien tragenden Pilzformen, bei welchen die Bildung der typischen Basidie noch nirgends eingetreten war.

Bei den Aecidiomyceten ist der weitere Fortschritt zur Basidie nicht völlig erfolgt, vielleicht zu Gunsten weiterer Fructificationen, welche als Aecidien und Spermogonien dem Entwicklungsgange der Aecidiomyceten angehören. Diese sind bei einzelnen Formen, wie es scheint, in der Entwicklung besonders bevorzugt und zwar auf Kosten der eigentlichen Sporidienfructification, die in Endophyllum z. B. so weit verdrängt sein dürfte, dass sie nur noch in der Keimung der Aecidiensporen, welche keimend Promycelien mit Sporidien bilden, rudimentär zur Erscheinung kommt[1])

Die Tremellinen erst sind zu typischen Basidiomyceten geworden, sie

[1]) Die eigenthümliche Art der Sporenkeimung mit Secundärsporen oder mit Promycelien und Sporidien, wie sie z. B. von den Entomophthoreen, Tremellinen, Ustilagineen und Aecidiomyceten bekannt ist, verdient eine ungleich grössere Beachtung, als ihr bisher zu Theil geworden ist. In ihr kommt in möglichst kurzer Form die Entwicklungsgeschichte der Pilze resp. ihrer Fructification zum Ausdruck. Bei den Entomophthoreen kann die Keimung nur als die blosse Wiederholung einer noch bestehenden Fructification gedeutet werden, bei den Tremellinen als die einer jetzt bereits veränderten Form, bei den Aecidiomyceten als eine durch das Einschieben eines Dauerzustandes zeitlich verlegte Fructification, während bei den Endophyllum-Arten und bei den Ustilagineen allein noch mit in der Keimung der Sporen eine Fruchtform auftritt, welche anderweit aus dem Entwicklungsgange verschwunden ist, nur in einem kurzen Keimungsacte zur Erscheinung kommt. Es sind dies Thatsachen, aus welchen erhellt, dass auf diese Sporenkeimungen vom morphologischen und phylogenetischen Standpunkte aus ein besonderer Werth zu legen ist.

bilden, wenigstens an einer Stelle, den Eingangspunkt in die Classe der Basidiomyceten. Ob die Tremellinen, wie die Aecidiomyceten, auch noch weitere den Aecidien etc. homologe Fruchtformen besitzen, oder ob sie sie einst besessen haben, darüber ist an Thatsachen nichts bekannt; der Umstand indess, dass gerade bei ihnen die höhere Differenzirung der Fructification in der jetzt vorhandenen Basidienfrucht eingetreten ist, lässt im Vergleich zu den Aecidiomyceten die letzteren Annahmen nicht gerade wahrscheinlich erscheinen[1].

Diese vergleichenden Betrachtungen beantworten uns die Frage nach dem Ursprunge der Basidie der Tremellinen und mit ihr zugleich die wichtigere Frage nach dem Ursprunge der Tremellinen selbst.

Die Basidie ist hervorgegangen aus einer einfachen Conidienfructification, sie ist nichts wie eine besondere morphologische Differenzirung dieser Fructification, sie ist eine secundäre Bildung aus einer Zusammenschiebung gleichsam von Conidien tragenden Fäden entstanden.

Die Tremellinen, bei welchen sich dieser Vorgang vollzogen hat, führen auf einfachere Pilzformen zurück, welche in gewöhnlicher Art ihre Conidien bilden, ähnlich den niederen Formen der höheren Pilze, ihr Fruchtkörper ist als eine höher differenzirte Conidienfrucht anzusehen. Nach den bei den Aecidiomyceten bekannten Formen der Teleutosporenlager mit den auskeimenden Promycelien und Sporidien können wir uns in etwa eine Vorstellung von den Stammformen bilden, aus welchen die Tremellinen sich gebildet haben; in der äusseren Form zeigt Podisoma die meiste Aehnlichkeit.

Der Ursprung der Tremellinen von einfacheren Conidienformen und die Thatsache, dass bei den Aecidiomyceten neben der den Fruchtkörpern der Tremellinen homologen Fructification noch die höchst wahrscheinlich mit der Sexualität im Zusammenhange stehenden Fruchtformen der Spermogonien und Aecidien vorkommen, sind meiner Auffassung nach weiterhin zwei Punkte von besonderer Wichtigkeit, welche für die ungeschlechtliche Bildung der Tremellinenfrucht sprechen, die der directen Beobachtung kaum zugänglich sein dürfte.

---

[1]) Die Botanische Zeitung, Jahrgang 1876, Nr. 52 enthält eine Mittheilung von *Sautermeister* über Exidia recisa, an welcher der Autor Ascusfrüchte fand.

Schlussbetrachtung.

Schon bei einem kurzen Vergleiche der zuletzt betrachteten Tremellinen mit den vorher besprochenen Typen der Basidiomyceten können wir nicht zweifelhaft sein, dass sie diesen gegenüber die einfachsten Formen der Classe bilden. Aber wenn sie unzweifelhaft als solche gelten müssen, so ist von selbst die Frage nahegelegt, in welchen natürlichen verwandtschaftlichen Beziehungen die Masse der übrigen zu ihnen steht.

Bilden die Tremellinen die Wurzel der Basidiomyceten überhaupt? Sind alle die verschiedenen höher differenzirten Typen der Classe auf die Tremellinen als die einfachsten zurückzuführen? oder ist dies nicht der Fall? — so würden die hier näher zu erwägenden Fragen in kurzer Fassung lauten.

Mit diesen Fragen knüpfen wir von selbst wieder an alle früher offen gelassenen Fragepunkte an, die ich am Schlusse einzelner Abschnitte hervorhob.

Sie sollen jetzt in einer zusammenfassenden Schlussbetrachtung besprochen werden, welche wir, von den Tremellinen ausgehend, in erster Linie über sämmtliche Basidiomyceten ausdehnen wollen.

Anschliessend an die Verwandtschaft der Formen der Basidiomyceten unter sich wird ihr eventueller Anschluss an die übrigen Classen der höheren Pilze nothwendig in zweiter Linie eine nähere Berücksichtigung erfahren müssen.

Indem wir dann von diesen vergleichenden Betrachtungen der höheren Pilze in ihrer Gesammtheit in einem kurzen Ueberblick auch zu den niederen Pilzen übergehen und die systematische Stel-

lung beider Abtheilungen zu einander in Betracht ziehen, gewinnen wir aus ihnen die erforderlichen Daten, die ganze Masse der Pilze in ihrem natürlichen systematischen Verbande uns anschaulich zu machen.

Die Tremellinen sind gymnocarpe Basidiomyceten. Ihnen dürften sich Formen wie Cyphella, Corticium, Exobasidium etc. zunächst anschliessen. Etwas höher differenzirt scheinen die Clavarieen zu sein. Die hymeniumtragenden Theile des Fruchtkörpers sind hier oft ziemlich scharf, wie bei Typhula, von einem sterilen Stiele unterscheidbar (was nach einem Bilde von *Tulasne* übrigens auch unter den Tremellinen z. B. bei Dacrymytra vorkommt). Weiter reichen die Formen der Gymnocarpici nicht; sie bilden nur eine kleine Abtheilung unter den Basidiomyceten, und sogar die Stellung der Clavarieen kann bei ihnen nicht als gesichert angesehen werden.

Die bei Weitem grössere und formenreichere Masse der Basidiomyceten gehört dem zweiten Typus, den angiocarpen Formen an; beide, die gymnocarpen und angiocarpen Formen constituiren die Classe der Basidiomyceten in ihren gegenwärtig lebenden Repräsentanten.

Diese zweite Abtheilung, die Angiocarpici, besteht aber nicht durchweg aus rein angiocarpen Formen; den grösseren Theil von ihnen machen die Semiangiocarpici aus. Es sind dies die Agaricinen, Polyporeen, Hydneen (und Thelephoreen), welche den angiocarpen Ursprung in der Bildung des Hymeniums, in den verschiedenen Formen der Schleier, namentlich aber darin erkennen lassen, dass sie das Hymenium auf der Innenseite resp. Unterseite des hutförmig verbreiterten Fruchtkörpers tragen. Die wenigen Formen, die hiervon eine Ausnahme machen, haben den angiocarpen Charakter ganz verloren[1]).

Wie nun bei den Gymnocarpicis die Tremellinen als die niederen Formen gelten können, denen sich die weiteren als mehr oder minder höher differenzirte anschliessen, in ganz ähnlicher Art bilden für die Angiocarpici die reinen Gasteromyceten-Formen den Ausgangspunkt, auf welchen die semiangiocarpen Agari-

---

[1]) Auch für die Clavarieen scheint es mir nicht unmöglich, dass sie aus den semiangiocarpen Formen der Basidiomyceten hervorgegangen sind, dass sich bei ihnen der ursprüngliche angiocarpe Charakter ganz verloren hat. Ich bemerke dies, um damit anzudeuten, dass ich die Stellung der Clavarieen bei den typischen Gymnocarpicis nicht für ganz gesichert halte.

cinen, Polyporeen und Hydneen etc. als höher entwickelte Glieder der Abtheilung aller Wahrscheinlichkeit nach zurückzuführen sind.

Schon in dieser Zusammenstellung ist die Verwandtschaft beider Typen zu einander ausgedrückt. Sie kann gewiss nur zwischen den einfachsten Formen bestehen, die gleichsam als die Stammformen der übrigen gelten können; eine natürliche Verbindung wird darum allein bei diesen zu suchen sein.

Die Verschiedenheit zwischen den Stammformen der Gymnocarpici »den Tremellinen« einerseits und denen der Angiocarpici »den Gasteromyceten« anderseits ist nun aber so gross, dass eine genetische Beziehung auch in ihren einfachsten jetzt bestehenden Formen nicht wohl anzunehmen ist. Die Tremellinen gehen auf Formen zurück, in welchen sich die Basidienbildung noch nicht vollzogen hat, sie können darum von typischen Gasteromyceten wohl schwerlich abstammen. Und dass die Gasteromyceten von den Tremellinen abstammen, dass aus einer rein gymnocarpen Form mit einem Sprunge eine angiocarpe wird, ist ebenso unwahrscheinlich, um so mehr als von den typischen Angiocarpicis aus der angiocarpe Charakter in den abgeleiteten Formen ganz allmählich zurücktritt.

Wenn aber hiernach anzunehmen ist, dass zwischen beiden Typen der Basidiomyceten keine directen genetischen Beziehungen bestehen, so bleibt nur noch übrig, sie als unabhängige Reihen anzusehen, welche für sich entstanden sind.

Diese letzte Deutung gewinnt grössere Wahrscheinlichkeit, sobald wir versuchen, sie weiter zu verfolgen, um zu entscheiden, aus welchen Pilzformen beide Typen unabhängig für sich entstanden sein können.

Für die Gymnocarpici ist dies bereits früher geschehen. Wir haben gefunden, dass die einfachsten Formen unter ihnen, die Tremellinen, auf Conidien tragende Formen natürlich zurückzuführen sind, bei welchen sich die typische Basidie durch weitere Differenzirung gebildet hat. Es bleibt also nur noch die gleiche Aufgabe für die Angiocarpici zu lösen übrig.

Indem wir bei den Tremellinen die Entstehung der Basidie vornehmlich berücksichtigten, gelang es, die Spur ihrer Herkunft aus einfacheren Pilzformen

und hiermit ihre natürliche Verwandtschaft zu diesen aufzufinden. Schon der Analogie nach kann die Bildung der Basidie bei den Angiocarpicis kaum eine andere gewesen sein, wie sie sich bei den Gymnocarpicis, bei den Tremellinen, erwies; auch bei ihnen wird sie aller Wahrscheinlichkeit nach aus einfachen Conidienformen entstanden sein, und diejenigen Formen unter ihnen können betreffs der Bildung der Basidie allein in Frage kommen, welche als die niederen zu betrachten sind. Dies würden, wie früher ausgeführt wurde, die Gasteromyceten sein, welche wir als die Stammformen der übrigen, der Semiangiocarpici, ansehen können. Bei den einfachsten Formen unter diesen hätten wir also die möglichen Verbindungspunkte mit den Conidien tragenden Formen zu suchen.

Soweit meine Formenkenntniss reicht, möchte ich die von *Tulasne*[1]) abgebildeten Gasteromyceten, Ptychogaster, Pilacre und auch Tulostoma[2]) für solche einfachen Formen ansehen. Bei den beiden ersten ist nach den Zeichnungen *Tulasne's* die Bildung der typischen Basidie noch nicht eingetreten. Die Sporen entstehen seitlich an den Fäden, die eine beträchtliche Länge haben; auch bei Tulostoma ist die Sporenbildung eine seitliche, aber hier hat der Tragfaden schon eine keulige basidienähnliche Gestalt. *Tulasne* selbst hebt bereits die Analogie der beiden Formen, Ptychogaster und Pilacre, in den sporentragenden Fäden mit Hypochnus unter den Tremellinen hervor (während er schon früher auf die nahen Beziehungen in der Form zwischen den Tremellinen und Podisoma unter den Aecidiomyceten hingewiesen hatte).

Von allen erwogenen Möglichkeiten scheint mir nun die am nächsten zu liegen, dass aus Ptychogaster und Pilacre ähnlichen Formen die typischen Gasteromyceten ihren Ursprung genommen haben, dass sich also bei diesen die Bildung der Basidie in ähnlicher Art vollzogen hat wie bei den Tremellinen, dass die anfangs an gegliederten Fäden seitlich entstehenden Conidien durch Verkürzung der Fäden und Verschwinden der Scheidewände allmählich nach der Spitze gerückt sind. Bei Tulostoma sind die Scheidewände verschwunden, aber die Conidien stehen noch seitlich.

---

1) *Tulasne*, l. c. Ann. des sciences naturelles V. S. XV. B. Taf. XII.

2) *Schroeter*, Ueber die Entwicklung und die systematische Stellung von *Tulostoma*. Beitr. zur Biologie von Cohn II. B. I. Heft.

3) Ich will nicht unterlassen an dieser Stelle nachdrücklich hervorzuheben, dass ich ebensowenig, wie es mir in den Sinn kommt, die abgeleiteten Typen der Semiangiocarpici auf die jetzt

Nach diesen Darlegungen bei den gymnocarpen und angiocarpen Basidiomyceten sind die Fruchtkörper dieser Pilze als höher differenzirte Conidienfrüchte zu deuten, und es ist anzunehmen, dass sich die Bildung der typischen Basidie aus Conidien tragenden Fäden zweimal vollzogen hat, einmal in freien Conidienlagern, das zweite Mal in geschlossenen Conidienfrüchten[1]).

Die Zahl der Formen, in welchen die Bildung der Basidie noch jetzt erkannt werden kann, ist eine nur geringe. Dies kann dann nicht auffällig erscheinen, wenn wir erwägen, dass ein Erlöschen älterer Formen mit fortschreitender Differenzirung und im Verhältniss zu dieser natürlich ist.

Diese weniger differenzirten Stammformen der Basidiomyceten haben nun ihrerseits wieder den natürlichen Anschluss bei einfacheren Formen, deren Selbständigkeit aber schon zweifelhaft erscheinen muss.

Als Formen dieser Art fasse ich für die Gasteromyceten die Pycniden auf. Sie stellen geschlossene Conidienfrüchte dar, welche ihre Conidienlager im Innern der Früchte in Form eines Hymeniums oft in mehreren getrennten Kammern bilden. Die Sporen einer von mir aufgefundenen Form, (welche so auf den Sclerotien von Peziza Sclerotiorum vorkommt, wie *Tulasne's* Pycniden im Stroma der Ascomyceten, und einem parasitisch und saprophytisch zugleich lebenden Pilze angehört, der nichts mit der Peziza zu thun hat) werden im Innern der Conidienfrucht an einzelnen Zellen gebildet und zwar oft zu zweien an einer Zelle[2]). Schon der ganze Pilz, abgesehen von der Sporen-

---

lebenden Gasteromyceten zurückzuführen, auch Formen wie Ptychogaster, Pilacre und Tulostoma für die wirklichen Stammformen der Gasteromyceten halte. Ich meine mit dem Ausdrucke »Stammformen« wo er in dieser Arbeit gebraucht ist, niemals die jetzt lebenden Pflanzenformen. Wenn er auf diese bezogen ist, sogar auf bestimmte einzelne Formen, so soll damit nichts weiter ausgedrückt sein, als dass sie unter den zur Zeit existirenden Formen diejenigen sind, welche den einstigen Gang der morphologischen Differenzirung, so weit dies überhaupt möglich ist, erkennen lassen, und als solche den muthmasslichen Stammformen am nächsten stehen.

[1]) Es scheint mir indess sehr wahrscheinlich, dass sich die Bildung der typischen Basidie noch ein drittes Mal, nämlich bei einfachen Conidienträgern vollzogen hat. Es sind zwar bis jetzt typische fadenförmige Basidienträger mit Sicherheit nicht bekannt; ich zweifle aber nicht, dass Formen dieser Art gefunden werden, die man vielleicht übersehen hat, weil sie selten sind, halte es sogar für möglich, dass in dem von *Woronin* (Berichte der naturf. Gesellschaft in Freiburg Bd. IV, 1867) beschriebenen Exobasidium bereits eine Form dieser Art vorliegt.

[2]) Betreffs weiterer Einzelheiten über die Entwicklung dieser Pycniden verweise ich auf meine Mittheilungen auf der Naturforscherversammlung in Hamburg 1876. Sitzungsbericht der bot.

bildung, erinnert in seiner Entwicklung, der Differenzirung der Frucht, der Ausbildung einer Capsel, welche ihre Sporen aus einer apicalen Oeffnung entlässt, so sehr an gasteromycete Formen der Basidiomyceten, dass ich zuerst unwillkürlich daran dachte, er könne als ein kleiner Gasteromycet gelten, die Pycniden entsprächen den Früchten der Gasteromyceten, diese selbst seien vielleicht durch höhere Differenzirung aus ähnlichen einfachen Typen entstanden.

Die Formen der Pycniden, welche nach den Angaben und Zeichnungen *Tulasne's*[1]) in den Formenkreis der Ascomyceten gestellt sind, nehmen offenbar bei diesen dieselbe Stellung ein, wie die Teleuto-

---

Section, über die Pycniden der Peziza Sclerotiorum. Eine gleichzeitig erschienene Abhandlung von *Bauke*, (Beiträge zur Kenntniss der Pycniden, Nova Acta Bd. 38) stimmt in der ersten Entwicklung der Gewebepycniden mit meinen Beobachtungen überein.

[1]) In den Darstellungen von *Tulasne*, wie er sie namentlich in seiner Carpologie gegeben hat, ist ein Beweis für die Zugehörigkeit der Pycniden zu den verschiedenen Ascomyceten nicht gegeben. Dagegen ist sowohl in der Untersuchung des Cicinnobolus Cesati, der auf Erysiphe als Pycnide parasitisch vorkommt (*de Bary*, Beiträge zur Morphologie der Pilze, III. Reihe) wie in der Untersuchung der Pycniden, welche ich auf den Sclerotien der Peziza fand (*Brefeld*, l. c. Sitzungsbericht der bot. Section der Naturforscher-Versammlung in Hamburg 1876) ein zweifacher Beweis sicher gegeben, dass diese 2 Pycniden nichts mit den Ascomyceten zu thun haben, auf welchen sie vorkommen und zwar genau so vorkommen, wie alle übrigen Pycniden, welche *Tulasne* abbildet. Ich will hiermit keineswegs bestreiten, dass die Pycniden überhaupt den Ascomyceten angehören, ich will nur betonen, dass hierüber keine erwiesenen Thatsachen vorliegen. Diese sind erst dann gegeben, wenn in einem Bilde der Zusammenhang von einer keimenden Pycnidenspore mit einem Perithecium oder von einer Ascusspore mit einer Pycnidenfrucht so gezeigt wird, wie er beispielsweise in meinen Schimmelpilzen bei den Zygomyceten und Penicillium (I. und II. Heft), wiedergegeben ist, wo man die neuerzeugten Früchte durch die Mycelien hindurch zur Keimspore zurückverfolgen kann. In anderen Fällen sind Täuschungen nicht ausgeschlossen. Wie nahe sie liegen, auch für die ausgezeichnetsten Beobachter liegen, dafür haben *de Bary* und *Woronin* in ihren Untersuchungen über Mucor Mucedo (Beiträge II. Reihe) ein interessantes Beispiel statuirt. Sie haben im Wege der Cultur den Zusammenhang von Mucor Mucedo, Thamnidium, Chaetocladium und Mucor racemosus erwiesen. Es lässt sich gewiss annehmen, dass die Autoren ihre Beobachtungen nicht eher verkündeten, als bis diese durch wiederholte Versuche sicher gestellt waren. Dieselben Beobachtungen, von ihnen selbst zweifellos oft mit gleichem Resultate ausgeführt, sind dann noch öfter von zahlreichen Schülern *de Bary*'s wiederum mit gleichem Ergebnisse nachgemacht, andere Beobachter wie *van Tieghem*, die unabhängig von *de Bary* untersuchten, nicht weiter zu nennen. Niemand hegte einen Zweifel über diese Beobachtungen, sie waren ja Jahre hindurch mit gleichem Resultate von den verschiedensten Seiten fortgesetzt. Aber dennoch ergaben sie sich in ihrer Gesammtsumme als eine Kette von Beobachtungsfehlern; meine Untersuchungen und bildlichen Darstellungen erwiesen, dass an ihnen nichts richtig ist wie die Zeichnungen der Fruchtträger.

sporenfrucht bei den Aecidiomyceten. Den Teleutosporenfrüchten stehen die höher differenzirten Tremellinen, wie früher ausgeführt wurde, nahe. Vielleicht in einem ähnlichen, wenn auch weniger nahen Verhältnisse dürften die niederen Gasteromyceten zu den Pycniden stehen. Demnach würden sich weiterhin die Gasteromyceten zu den Ascomyceten verhalten, wie die Tremellinen zu den Aecidiomyceten. Wir bekämen so zwei Hauptabtheilungen, die sich wiederum in je zwei Reihen spalten: zu den gymnocarpen Formen der Basidiomyceten bilden die Aecidiomyceten die zweite Reihe, zu den angiocarpen stehen die Ascomyceten in ähnlichem Verhältnisse.

Bei den Aecidiomyceten gehören neben den Teleutosporen mit den Sporidien die Aecidienfrüchte und Spermogonien dem Entwicklungsgange an, während bei den gymnocarpen Basidiomyceten die Teleutosporenfrüchte allein bestehen und zu den basidientragenden Fruchtkörpern der Tremellinen fortgeschritten sind, ohne Aecidien- (und Spermogonien-) Fructification. Die letzteren sind wahrscheinlich secundäre Fruchtformen, welche mit der geschlechtlichen Differenzirung bei diesen Pflanzen aufgetreten sind, die wenigstens zu den Teleutosporenfrüchten mit ihren Sporidien in dem Verhältnisse stehen, wie bei niederen Pilzen und Algen geschlechtliche und geschlechtlich erzeugte Früchte zu der ungeschlechtlichen Fructification.

Bei den Ascomyceten entsprechen die Ascusfrüchte den Aecidien, sie sind statt dieser neben den Conidienfrüchten vorhanden.

Die Ascomyceten und Aecidiomyceten würden hiernach auch als geschlechtliche Reihen gelten können gegenüber den beiden anderen, welche diese Früchte nicht besitzen. Bei diesen ist die Fortentwicklung der ursprünglich vorhandenen Fruchtform allein gefördert, sie ist über die sporidientragenden Teleutosporen und über die Pycniden hinaus zu den gymnocarpen und angiocarpen Basidiomyceten fortgeschritten; bei jenen hingegen ist sie gleichsam in der Teleutosporen- und Pycniden-Fructification stehen geblieben, vielleicht weil der Schwerpunkt der Entwicklung allmählich auf die geschlechtlich differenzirten Fruchtformen überging.

Vergleichen wir die Reihen mit einander, so würden bei den zwei ersten in der Teleutosporen-Fructification, bei den beiden an-

deren in den Pycniden die Wendepunkte in der Differenzirung gegeben sein, in den geschlechtlichen Reihen würden die einfacheren Formen der ursprünglichen Fructification fortbestehen, welche in den ungeschlechtlichen Reihen eine höhere Differenzirung erfahren haben und naturgemäss eingegangen sind.

Ob sie aber völlig erloschen sind, oder ob gegenwärtig noch Teleutosporen und Pycnidenfrüchte erzeugende Pilze selbständig fortbestehen, ohne den Aecidiomyceten und Ascomyceten anzugehören, darüber ist kaum eine sichere Entscheidung möglich. Bei allen Formen, welche sich unseren Beobachtungen nach auch als selbständige ergeben, ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sie einen weiteren Zusammenhang mit Ascus- oder Aecidienfrüchten (und Spermogonien) besitzen, den wir nur, soweit unsere Untersuchungen reichen, nicht gefunden haben. Indess ist die Fortexistenz selbständiger Formen beider auf Grund dieser Darlegungen keineswegs unnatürlich, vielmehr in sofern wahrscheinlich, als wir annehmen dürfen, dass sie einmal in den ungeschlechtlichen Reihen allgemein waren, und ebensogut bis auf eine geringe Zahl als ganz erloschen sein können.

Ueber die Teleutosporen- und Pycniden-Fructification hinaus gelangen wir weiter rückwärts zu Conidien bildenden Fruchtträgern als Grundformen, wie sie in ähnlicher Art bei den Ascomyceten bekannt sind.

Aber hier wird erst recht der kritische Punkt in Frage kommen, ob diese einfachen Grundformen nur noch bei den Ascomyceten, also in der geschlechtlichen Reihe, erhalten sind, oder ob noch jetzt Ueberbleibsel von den ungeschlechtlichen Reihen als selbständige Conidien tragende Pilze fortbestehen. Wir stossen darum auf dieselben Schwierigkeiten einer bestimmten Entscheidung, wie ich sie bei den Pycniden hervorhob; es wird durch keine Untersuchung die Selbständigkeit solcher Pilze erwiesen, noch die naheliegende Annahme der Zugehörigkeit zu den Ascomyceten erschüttert werden können. Es gibt indess sehr einfache Formen wie z. B. Dematium pullulans, Chalara, etc., von denen es mir nach langjähriger Cultur nicht unwahrscheinlich erscheint, dass sie den wohl nicht zahlreichen Ueberresten selbständiger Formen dieser Art angehören können.

Wahrscheinlich gehen diese wiederum auf die noch einfacheren Sprosspilze zurück. Aus letzteren haben sich möglicher Weise die höheren Fadenpilze entwickelt. Schon bei Mycodermaformen werden die Sprosse in

oft sehr auffälliger Weise ungleich, während zugleich die endogene Sporenbildung, von Saccharomyces in den Sprossen nicht mehr auftritt. Bei der Chalara hingegen wachsen schon einzelne Sprosse zu längeren oft gegliederten Fäden aus, an welchen die kurzen Sprosse in Form von Conidien entstehen[1]. Ich bin zur Zeit mit der Untersuchung dieser Formen beschäftigt und glaube, dass es möglich sein wird, durch sie die Lücke auszufüllen, welche zwischen den Sprosspilzen und den Fadenpilzen besteht, und dass vielleicht die Conidienbildungen der letzteren auf die Sprossungen der Sprosspilze mit verschiedener und höherer Differenzirung der Gliedersprosse zurückzuführen sind.

Nach dieser Deutung würden freilich auch die Conidien der höheren Pilze nur als abgeleitete und nicht als ursprüngliche Bildungen mehr gelten können, sie würden durch Eingehen der Sporangien, durch Reduction von Sporangien zu Conidien, entstanden sein.

Der eben ausgeführte Versuch, die typischen Basidiomyceten auf einfache Formen zurückzuführen, hat uns von selbst zu den übrigen Classen der höheren Pilze hinübergeleitet; wir haben hiermit zugleich den Anschluss der Basidiomyceten an die übrigen Pilze, den wir in dieser Schlussbetrachtung in zweiter Linie erwägen wollten, erreicht.

Von den gymnocarpen Formen, von den Tremellinen, sind wir zu der Teleutosporenfructification der Aecidiomyceten gekommen, und von den einfachsten angiocarpen Gasteromyceten ausgehend haben wir in den Pycniden den Anschluss an die Ascomyceten erreicht; als Stammformen aller konnten mit Wahrscheinlichkeit einfache Conidien tragende Pilze angenommen werden, deren gegenwärtig noch fortdauernde selbständige Existenz unentschieden bleiben musste, die aber wiederum als abgeleitete Bildungen auf Sporangienfructification, wie sie einzelne Sprosspilze, ferner Taphrina, Exoascus noch besitzen, zurückführen.

In den beiden wahrscheinlich sexuell gewordenen Reihen, den Aecidiomyceten und den Ascomyceten, haben die aller Analogie nach mit der Sexualität

---

[1] *Cienkowski,* die Pilze der Kahmhaut, Bulletin de l'Academie impériale des sciences de St. Petersbourg, Tome VIII.

zusammenhängenden Früchte bereits einen hohen Grad der morphologischen Differenzirung erreicht. Schon hiernach werden wir zu dem Gedanken geführt, ob nicht neben diesen zwei Reihen noch weitere, betreffs der erwähnten Früchte einfachere Formen höherer Pilze bestehen, welche den Anschluss zu den ungeschlechtlichen Conidienformen natürlicher vermitteln, als es durch diese geschieht.

Wie ich in einem demnächstigen Vortrage in der Gesellschaft der naturf. Freunde in Berlin darlegen werde, sind mit der Auffindung der Dauersporen von Entomophthora-Arten in den Entomophthoreen und durch diese in den Ustilagineen die gesuchten einfacheren Typen wahrscheinlich gegeben.

Diese Pilze besitzen neben der Conidienfructification, welche sie mit denen der übrigen höheren Pilze verbindet, noch Dauersporen, deren Auftreten der Analogie nach mit der Sexualität dieser Pilze in Verbindung steht, wenn auch die Beobachtungen dies nicht sicher entscheiden können[1]). Die Dauersporen, in den meisten Fällen einzellig, zeigen schon bei den Ustilagineen in Urocystis (und wahrscheinlich in Sorisporium und Thecaphora) die ersten Anfänge der Differenzirung zur Frucht[2]). Bei den Entomophthoreen bildet die Conidienfructification in einzelnen Fällen, z. B. bei der Empusa radicans[3]), grosse Lager, welche den Fruchtkörpern gymnocarper Basidiomyceten ähnlich sind, nur dass die typische Basidie bei ihnen noch nicht zur Ausbildung gekommen ist. Bei den Ustilagineen ist dieselbe ungeschlechtliche Fructification dem Erlöschen nahe, sie ist, allem Anscheine nach, zu Gunsten reicherer Dauersporenbildung, bis auf kurze Vorgänge bei der Keimung dieser Dauersporen zurückgetreten; wenigstens ist es bisher nicht beobachtet worden[4]), dass sie neben den Dauer-

---

1) Der Vortrag ist bereits gehalten: *Brefeld*, Ueber die Entomophthoreen und ihre Verwandten, Sitzungsbericht der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin, März 1877 und später abgedruckt in der Botanischen Zeitung, Nr. 22 und 23, Jahrgang 1877 mit einer nachträglichen Bemerkung.

Inzwischen hat auch *Nowakowsky* die Dauersporen der Entomophthoreen gefunden, Botanische Zeitung, Jahrgang 1877, Nr. 14, Die Copulation bei einigen Entomophthoreen.

2) *Wolff*, Der Brand des Getreides, Halle 1874 und *Winter*, Notizen über die Familie der Ustilagineen, Flora 1876, Nr. 10.

3) *Brefeld*, die Entwicklungsgeschichte von Empusa Muscae und E. radicans, Abhandlungen der naturf. Gesellschaft in Halle, Jahrgang 1870.

4) Es scheint mir aber nicht unwahrscheinlich, dass man die Conidienfructification der Ustilagineen auch einmal an den Mycelien mit den Dauersporen gleichzeitig antreffen wird. Darum

sporen oder diesen vorangehend an den Mycelien vorkommt, sie wird nur noch bei deren Keimung in rudimentärer Form gebildet.

Beide Classen, die Entomophthoreen und Ustilagineen stehen mit Rücksicht auf die einfachen, meist nur einzelligen Dauersporen wohl niedriger als die Ascomyceten und Aecidiomyceten mit ihren Früchten, sie dürften darum zwischen diesen und den vorerwähnten hypothetischen Stammformen ihre natürliche Stellung finden.

Fassen wir die sämmtlichen hier angeführten Einzelheiten für die natürliche Systematik der höheren Pilze kurz zusammen, so würden von Conidien tragenden Stammformen, welche ihrerseits auf solche zurückgehen, in welchen sich die Bildung der Conidien durch Differenzirung der Sprosse (Sprosspilze) und Erlöschen der Sporangien zu Conidien vollzogen hat, zwei verschiedene Richtungen ausgehen, die sich je wiederum in einzelne Reihen auflösen.

In der ersten Richtung ist die ursprüngliche Fructification allein fortentwickelt, sie ist zweimal von einfachen Conidien zur typischen Basidienbildung gelangt. Die Classe der Basidiomyceten nimmt an diesen Stellen ihren Ursprung, und wir unterscheiden in dieser zwei Typen: die gymnocarpen und die angiocarpen Basidiomyceten.

In der zweiten Richtung bestehen neben der ursprünglichen Fruchtform noch weitere Fructificationen, welche der Analogie nach und auf Grund verschiedener Beobachtungen mit dem Auftreten der Sexualität zusammenhängen dürften. Die erste jedenfalls ungeschlechtliche Fructification, bei den Basidiomyceten zu den bekannten hochdifferenzirten Fruchtkörpern entwickelt, ist hier neben diesen weiteren Fruchtformen nicht in gleichem Grade gefördert und in den Pycnidenfrüchten und der Teleutosporenfructification (z. B. den Fruchtkörpern von Podisoma) als höchst entwickelte Formen stehen geblieben.

Es sind in dieser letzten Abtheilung nach den vorerwähnten ent-

---

dürfte es von Interesse sein, bei ferneren Untersuchungen ganz besonders auf ihr Vorkommen zu achten; vielleicht sind sie bisher nur desshalb übersehen worden, weil man nicht auf sie achtete. Die meiste Aussicht auf Erfolg werden ohne Zweifel die vollkommneren Formen wie Urocystis, Tilletia (vielleicht auch Sorisporium und Thecaphora) bieten, weil bei diesen in der Keimung die Fructification am vollständigsten erhalten ist.

weder geschlechtlichen oder geschlechtlich erzeugten Fruchtformen vier Classen unterscheidbar.

Die zwei einfachsten von diesen sind die Entomophthoreen und Ustilagineen. Sie besitzen neben der ersten Fructification nur noch Dauersporen, die höchst wahrscheinlich (wenigstens ursprünglich) durch einen Sexualact erzeugt sind.

Die zwei höchsten Reihen sind die Ascomyceten und Aecidiomyceten, sie haben nicht einfache Dauersporen, sondern statt dieser hochdifferenzirte Früchte oft zweifacher Art, nämlich Ascus- oder Aecidienfrüchte mit Spermogonien.

Von den letzteren, den Spermogonien, die bei den Aecidiomyceten fast regelmässig, bei den Ascomyceten nur vereinzelt auftreten, wird neuerdings angegeben, dass sie männliche Früchte seien und dass ihre Sporen, die Spermatien, mit der Erzeugung der Ascusfrüchte (und der Aecidien?) im ursächlichen Zusammenhange stehen[1]).

---

[1]) *Stahl*, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Flechten, Leipzig bei Arthur Felix 1877. — Die Untersuchungen über die Sexualität bei diesen höheren Pilzclassen, namentlich bei den Ascomyceten, haben übereinstimmende Resultate bis jetzt nicht ergeben, wie die allbekannten Arbeiten darlegen. Die nach vereinzelt bestehenden Vorgängen gedeutete Sexualität würde zur Zeit, bei dem jetzigen Stande der Beobachtungen, nur unter der Annahme eine allgemeine Geltung gewinnen können, dass diese der Sexualität verdächtigen, schon unter sich weit abweichenden Vorgänge bei einem beträchtlichen Theile dieser Pilzclasse erloschen sind, und dass eine parthenogenetische Entwicklung der Sexualzellen, darüber hinaus sogar ein gänzliches Verschwinden dieser Sexualzellen und ein rein vegetativer Entwicklungsprocess eingetreten ist. Ohne mich an dieser Stelle in kritische Erörterungen über die bis jetzt angenommene Sexualität einzulassen, die ich mir für ein bereits vollendetes 4. Heft dieser Schimmelpilze an geeigneterem Orte vorbehalte, kann ich doch nicht unterlassen, eine kurze Bemerkung, weil sie zugleich die Basidiomyceten betrifft, schon hier beizufügen. — Ich glaube nämlich, dass das Vorkommen von Ascus- und Aecidienfrüchten mit Spermogonien neben der Conidienfructification nach allen Analogien mit anderen Pflanzen kaum einen Zweifel darüber zulässt, dass diese Fruchtformen zur Sexualität in Beziehungen stehen. Ihre Existenz überhaupt kann darum als ein wichtiges Beweismittel für die Sexualität dieser beiden Pflanzenclassen gelten; und wenn es nicht mehr möglich ist, die Sexualität an der einen oder anderen Stelle nachzuweisen, so bleibt eben nichts übrig, als die Annahme, dass sie verloren gegangen resp. erloschen ist. — Eine mehrfach auffällige Aehnlichkeit in der Formausbildung der Fruchtkörper der Basidiomyceten mit den Ascusfrüchten einiger Ascomyceten, z. B. Pezizen etc., in deren Entwicklungsgange (wie ich auf der Naturf.-Versammlung in Hamburg 1876 darlegte) keine der Sexualität verdächtigen Vorgänge beobachtet werden können, führt nun zu der naheliegenden Erwägung hin, ob denn nicht etwa auch bei den Basidiomyceten eine Sexualität bestanden habe, die hier vollständig verschwunden ist, und ob die Frucht der Basidiomyceten zur Sexualität in

Nachdem wir nun die verschiedenen Classen der höheren Pilze in ihrem natürlichen Zusammenhange näher untersucht haben, würde es zur Ergänzung noch erübrigen, die Stellung der höheren Pilze zu den niederen kurz zu berühren und hierbei namentlich die Frage zu berücksichtigen, ob und wo etwa zwischen den höheren und den niederen Pilzen eine natürliche Verbindung bestehen könne.

Ich fasse unter der Bezeichnung »niedere Pilze« die Classen der Zygomyceten und Oosporeen zusammen, welche in ihren vegetativen Zuständen einzellig sind. Beide Classen besitzen neben einer ungeschlechtlichen Fructification geschlechtlich erzeugte einzellige Dauersporen, welche nur in wenigen Formen, z. B. Piptocephalis[1]) unter den Zygomyceten, die erste Andeutung einer Diffe-

---

den gleichen Beziehungen stehe, wie die der Ascomyceten. Die Möglichkeit dieser Auffassung, die so natürlich ist, als irgend eine andere, kann nicht bestritten werden, sie soll darum hier noch eine Berücksichtigung finden. — Es ist einmal möglich, dass die Basidiomyceten eine zugehörige Ascus- und Aecidienfrucht mit Spermogonien noch besitzen, oder dass sie sie besessen haben. Im ersteren Falle würden wir annehmen müssen, dass wir sie nicht kennen, im zweiten, dass sie nicht mehr auftritt, und dass vielleicht eben mit ihrem Eingehen die weitere Ausbildung der Basidiomycetenfrucht erfolgt ist. — Es ist zweitens denkbar, dass die Basidiomycetenfrucht selbst sexuellen Ursprunges ist, und dass die Sexualität im Ursprunge der Frucht verloren gegangen ist. Nur umfassende Beobachtungen und die Analogie können über diesen fraglichen Punkt entscheiden. — Soweit nun die Beobachtungen reichen, ist bei den verschiedensten Basidiomyceten nicht eine Spur von einer Sexualität nachzuweisen, während bei den Ascomyceten die bekannten verdächtigen Fälle vorliegen, die sich zu Gunsten einer Sexualität deuten lassen. Die Analogien sind früher schon erwogen worden. Sie führten dahin, die Basidiomycetenfrucht als das Analogon der Conidienfructification bei den Asco- und Aecidiomyceten aufzufassen; die typische Basidie konnte zweimal auf solche Conidienfructificationen zurückgeführt werden, welche bei den Asco- und Aecidiomyceteten neben den Ascus- und Aecidienfrüchten mit Spermogonien auftreten, während diese Fruchtformen, die gerade zur Sexualität in Beziehung stehen dürften, bei den Basidiomyceten nicht vorkommen. — Ein Erlöschen der Sexualität zugleich mit dem Eingehen der sexuell differenzirten Früchte würde demnach denkbar sein, eine Annahme hingegen, dass die Basidiomycetenfrucht directen geschlechtlichen Ursprunges ist, weder in den Beobachtungen eine Stütze, noch in den Analogien eine Wahrscheinlichkeit für sich finden. — Die Betrachtung führt zu dem Ausgangspunkte zurück, dass zwischen Basidien- und Ascusfrüchten vereinzelte Formähnlichkeiten bestehen; dass diese aber nichts für die Homologie dieser Früchte beweisen, geht vielleicht schlagender noch aus einem Vergleiche der Pycniden mit den Pyrenomycetenfrüchten hervor, die sich zum Verwechseln ähnlich sehen, und doch in keinem andern Verhältnisse zu einander stehen können, als ich es eben für die Früchte der Basidiomyceten und Ascomyceten hier darzulegen versuchte.

[1]) *Brefeld*, Schimmelpilze, I. Heft 1872.

renzirung, eine Theilung der Zypospore, zeigen, ferner in Mortierella[1]) die Bildung eines riesigen Carpospors um die Zygospore. Die ungeschlechtliche Fructification besteht aus einem Sporangium mit Sporen, in welchem aber nachweislich an zwei Stellen die Sporenbildung erloschen, und das Sporangium, hier in ursprünglicher Form dort mit bedeutender Grössenreduction, zur einzelligen Conidie geworden ist. Der letzte Fall ist bei den Zygomyceten in Chaetocladium[2]) gegeben, der erste liegt bei den Peronosporeen in Peronospora[3]) vor.

Wenn überhaupt, so könnte eine Verbindung der höheren Pilze mit den niederen nur in den beiden angeführten Conidien tragenden Formen hergestellt werden; unter den höheren Pilzen würden natürlich nur die einfachsten Formen für eine solche Verbindung in Betracht kommen. Dies sind die Entomophthoreen.

Ich begnüge mich mit dieser Zusammenstellung, indem ich auf die vorher ausgeführten Betrachtungen hinweise, in 'welchen ich den Ursprung der höheren Pilze unabhängig von den niederen aus einfachen Conidien tragenden Formen (Sprosspilze), die keine Sexualität besitzen, und bei welchen sich die Bil-

---

1) *Brefeld,* Ueber die Entwicklung von Mortierella, Sitz.-Ber. der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin 20. Juni 1876.

2) *Brefeld,* Schimmelpilze I. Heft 1872. Auf dem Wege von Mucor nach Thamnidium zu Chaetocladium finden wir das Sporangium zur Conidie reducirt; die Sporangien zeigen zuerst eine bedeutende Grössenabnahme, darauf ist die Theilung in ihnen in Chaetocladium unterblieben (man vergl. den Fruchtstand der Sporangiolen von Thamnidium mit Chaetocladium).

3) *De Bary,* Recherches sur quelques champignons parasites, Ann. d. scienc. natur. Tome XX, 4. Serie. Die Sectionen der Gattung Peronospora, welche *de Bary* gebildet hat, sind auf ein Erlöschen der Zoosporenbildung resp. den Uebergang der Zoosporangien zu Conidien, wie sie in den Grenzen der Gattung hier eingetreten ist, gegründet worden. Die Zoosporiparae besitzen noch Zoosporen, welche aber, z. B. bei der Peronospora infestans, häufig und unter bestimmten Umständen regelmässig übersprungen werden. Die Plasmatoparae zeigen in dem Auftreten von lichten Stellen im Protoplasma die einstige Zoosporenbildung noch deutlich an, das Protoplasma tritt aber in seiner Gesammtmasse aus und zwar aus einer apicalen Papille, wo früher die Zoosporen austraten, umkleidet sich dann mit einer Membran und keimt mit einem Keimschlauche wie eine Conidie. Die Acroblastae haben die Zoosporenbildung auch in diesen Andeutungen verloren, nur die Keimung an der Spitze, das Austreten des Keimschlauches an der Stelle der früheren Papille ist das einzige Ueberbleibsel. Bei den Pleuroblasten ist auch dies verloren gegangen, die Conidien treiben die Keimschläuche an der Spitze und an den Seiten aus.

dung der Conidie aus Sporangien ohne Beziehung zu den niederen Pilzen[1]) vollzogen hat, herzuleiten versuchte.

Ob aber vielleicht die niederen Pilze, wie die höheren, für sich ebenfalls von diesen einfachen Formen abstammen, bleibt ungewiss; der einzig mögliche Anknüpfungspunkt wäre bei den Sprosspilzen in Saccharomyces gegeben, welcher noch eine Sporenbildung in Sporangien besitzt.

Mancherlei Beziehungen indess, sowohl in der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der Sporangien, in den oft membranlosen, mit Bewegungsorganen für eine Verbreitung im Wasser ausgerüsteter Sporen (Zoosporen), wie in der sexuell erzeugten Frucht der Zygo- und Oosporen mit analogen Bildungen bei den niederen Algen, geben dem Gedanken, dass die niederen Pilze chlorophyllfreie Algen sind und aus diesen (den Siphoneen ähnlichen Formen) einst hervorgegangen, eine wissenschaftliche Berechtigung.

Vorläufig halte ich es für zweckmässig, die niederen Fadenpilze von den höheren zu unterscheiden; ich schlage die Namen **Phycomyceten** (Algenpilze) und **Mycomyceten** (echte Pilze) für sie vor.

Den beiden Abtheilungen würden sich als dritte die **Myxomyceten** (Schleimpilze) anschliessen.

Alle drei haben zu der vierten Abtheilung, den **Schizomyceten** (Spaltpilzen) keine erweisbaren genetischen Beziehungen.

Dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, dass die fünfte Abtheilung, die **Blastomyceten** (Sprosspilze), die Wurzel der höheren Pilze bilden und nicht als selbständige Abtheilung gelten können. — In Saccharomyces zeigen sie und zwar in der endogenen Sporenbildung in den Sprossen eine zweifelhafte Annäherung an die niederen Pilze.

Nachstehendes Schema würde die hier ausgesprochenen, aus den Untersuchungen entwickelten Auffassungen über die natürliche Systematik der Pilze in ihrer Gesammtheit veranschaulichen.

[1]) In Saccharomyces ist im Vergleich mit den verwandten Sprosspilzen der dritte bis jetzt sicher bekannte Fall gegeben, wo ein Sporangium durch Eingehen der Sporenbildung zur Conidie wird.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Sämmtliche Figuren der Tafel sind vom Coprinus stercorarius.

Fig. 1. $\frac{300}{1}$. Die Keimung der Sporen von Copr. stercorarius. *a* die Bildung der Keimblase an der einen Spitze der Spore, welche einen Keimporus hat, den man bei der Keimung nicht sehen kann (man vergl. Fig. 16 der Taf. IV, wo die Sporen aufgerichtet und der Keimporus von oben gesehen werden kann). *b* die Bildung eines Keimschlauches aus der Keimblase. *c* die Bildung zweier Vegetationspunkte an der Keimblase, aus welcher zwei Keimschläuche nach verschiedenen Richtungen hervorwachsen.

Fig. 2. $\frac{200}{1}$. Ein junges Mycelium des Coprinus. 1 die Spore, 2 die gegliederten Mycelfäden, welche aus der keimenden Spore hervorgewachsen sind. Unmittelbar unter der Keimspore befindet sich die Keimblase, aus welcher nach 3 verschiedenen Richtungen Keimschläuche herausgewachsen sind, die durch weitere Verzweigungen das Mycelium bilden. Die Keimblase als solche ist kaum mehr zu erkennen, weil die Keimschläuche die gleiche Dicke angenommen haben.

Fig. 3. $\frac{400}{1}$. Verschmelzungen der Fäden eines Myceliums mit einander. *a* Fusionen gewöhnlicher Art, wie sie an einem jungen Mycelium vorkommen, 1 an den ersten Keimschläuchen des Mycelium, 2 an den secundären Verzweigungen, 3 an parallel verlaufenden Fäden durch Anastomosen. *b* Schnallenfusionen von einem älteren Mycelium, 1 gleichzeitiges Auftreten der Fusionsäste an der oberen und eines Seitenzweiges an der unteren der benachbarten Zellen eines Fadens, 2 und 3 das nächste Stadium der Entwicklung, in welchem die Verschmelzung beider Zellen durch die Fusionsäste eingetreten ist, 4 und 5 fertige Zustände von Schnallenfusionen, in der Oese ist eine secundäre Scheidewand aufgetreten. 6 eine Schnallenfusion in jugendlichem Stadium, bei welcher von den unteren Zellen 3 Seitenzweige, von denen nur zwei sichtbar sind, gebildet werden, 7 ein Fall einer Oesenfusion, bei welcher gar keine Seitenzweige von der unteren Zelle ausgegangen sind, dies kommt nur an den Enden ganz alter und sehr schlecht ernährter Mycelien vor.

Fig. 4. $\frac{10}{1}$. Gesammtbild eines fructificirenden Myceliums des Coprinus aus einer Spore auf dem Objectträger in Mistdecoct gezogen. 1 die Keimspore, 2 die Hauptarme des Myceliums mit ihren weiteren Verzweigungen, 3 ein Fruchtkörper an einer Zelle eines Mycelfadens 2 gebildet bereits sporenreif vor der letzten Streckung, (der Stiel ist etwas vergeilt, weil die Culturen in einem Schranke aufbewahrt kein genügendes Licht für die normale Entwicklung der Fruchtkörper bekamen), 4 4 acht andere junge Fruchtkörper mit schon deutlich differenzirtem Hute, sie nehmen sämmtlich an einzelnen Mycelfäden ihren Anfang. Die Lage des Myceliums und der Fruchtkörper ist genau wiedergegeben, die Mycelfäden konnten indess bei der schwachen Vergrösserung nicht mit ihren sämmtlichen Verzweigungen gezeichnet werden, sie sind in Wirklichkeit etwas reicher und dichter als in der Zeichnung.

Fig. 5. $\frac{350}{1}$ u. $\frac{200}{1}$. Die Bildung der Pilzfrucht an einem Mycelfaden in den consecutiven Zuständen in Luft gezeichnet. *a* das erste Stadium, *b* das zweite und *c* das dritte ein und derselben Fruchtanlage.

Fig. 6. $\frac{350}{1}$ u. $\frac{200}{1}$. Junge Stadien der an einem Mycelfaden entstehenden Frucht, *a* an secundären Verzweigungen des Myceliums. 1 Mycelium, 2 Fruchtanlage. *b* zahlreiche Fruchtanlagen (2), an einem Mycelfaden (1). Die sämmtlichen jungen Anlagen stimmen nicht genau in ihren Hyphensprossen überein; die mittlere grösste kam später allein zur Fruchtbildung.

Tafel II.

Sämmtliche Figuren vom Coprinus stercorarius.

Fig. 1. $\frac{300}{1}$. Eine junge Fruchtanlage durch Deckglasdruck bei viel Culturflüssigkeit präparirt. 1 der Mycelfaden an welchem die Fruchtanlage entstanden ist, 2 die centrale Masse der Hyphensprosse, welche sich schon ziemlich enge zur Stielanlage verbunden haben, 3 die Enden der Hyphensprosse, welche später zur Volva werden (Objectträgercultur, im Centrum sind ein Theil der hier entspringenden Hyphen weggelassen).

Fig. 2. $\frac{120}{1}$. Eine junge Frucht in einem weiteren Stadium der Entwicklung. 1 die Insertionsstelle der Frucht am Mycelfaden, 2 der Stiel der Frucht, 3 peripherische Hyphen, die nicht zum Stiel geworden sind, die Stielvolva; 4—6 der junge Hut, welcher eben als secundäre Bildung auf dem Gipfel der Stielanlage gebildet ist, 4 die neuen eng verbundenen Hyphen der Hutanlage, 5 die peripherischen Theile dieser Hyphen, welche zur Volva werden; die Spitzen der Fäden schwellen bereits kugelig an zu den Blasen der Hutvolva. (Objectträgercultur).

Fig. 3. $\frac{120}{1}$. Eine ähnliche Fruchtanlage wie in Fig. 2, in der Entwicklung weiter vorgeschritten. Bezeichnung der Theile wie in Fig. 2. Die Hutanlage wächst bereits in einer geschlossenen Randzone nach unten über den Stiel hinab. Die Gesammtmasse der Stielvolva birgt die in ihre wesentlichsten Theile: Stiel, Hut und Hutvolva deutlich differenzirte Frucht als Kern in sich. Der obere Theil der Volva, die Hutvolva, ist an den kugelig angeschwollenen Fadenenden bereits im Zerfallen begriffen. Durch diese Blasenzellen der

Hutvolva wird deren Grenze gegenüber der Stielvolva, die keine Blasenzellen bildet ziemlich scharf bezeichnet. (Objectträgercultur).

Fig. 4. $\frac{50}{1}$. Eine grössere Fruchtanlage in der Profilansicht, in welcher sich die Einzelheiten der Figur 3 in voller Klarheit abheben; Bezeichnung der Figuren wie dort. (Objectträgercultur).

Fig. 5. $\frac{300}{1}$ u. $\frac{120}{1}$. *a—c* Bildung eines Sclerotiums an einem Mycelfaden. *a* die ersten vegetativen Sprosse, 1 der Tragfaden, 2 die Sprosse. *b* das zweite Stadium derselben Sclerotienanlage, 1 der Tragfaden, 2 der Knäuel vegetativer Sprosse, welche sich durch reichste Verzweigung vermehren. *c* ein junges Sclerotium aus dem Zustande in *b* durch weitere Entwicklung hervorgegangen; das Sclerotium hat bereits eine runde Form, sämmtliche peripherische Fäden sind in lebhaftester Verzweigung begriffen. (Objectträgercultur).

Fig. 6. $\frac{30}{1}$. Ein Längsschnitt durch ein in lebhafter Entwicklung resp. Vergrösserung begriffenes junges Sclerotium. 1 die Ansatzstelle desselben am Mycelium, 2 die obere Spitze. (Der Fadenverlauf bei der schwachen Vergrösserung halbschematisch).

Fig. 7. $\frac{300}{1}$. Schnitt durch ein reifes Sclerotium. 1 die farblosen Hyphen des Markes mit ausserordentlich kleinen Luftinterstitien, der Inhalt des Gewebes ist weggelassen, um die Natur des Gewebes und die Beschaffenheit der Zellmembranen deutlicher zu zeigen, 2 die innere Partie der schwarzen Rinde aus kleinen dicht verbundenen Zellen bestehend, 3 die äussere Partie der schwarzen Rinde aus sehr grossen Zellen gebildet. Diese grossen Zellen, welche die äussere Oberfläche des Sclerotiums bilden, werden sehr leicht abgestossen, sind darum an manchen Stellen oft gar nicht mehr vorhanden.

Fig. 8. nat. Gr. Keimung von 2 Sclerotien *a* und *b* bei einer Lichteinwirkung entwickelt, wie sie in den kurzen Tagen des Monat März möglich ist. *a* ein jüngeres Stadium der Entwicklung des Fruchtkörpers, *b* ein weiter vorgerücktes Stadium desselben; beide unterscheiden sich nicht durch die verschiedene Länge des Stieles, sondern ausschliesslich durch die verschiedenen Dimensionen des Hutes, dessen Entwicklung ohne Verlängerung des Stieles bis zur Sporenreife allein gefördert wird. Der Stiel kommt erst nach der vollen Ausbildung des Hutes zur Streckung; die Länge, welche er vor dieser Zeit erreicht, ist ausschliesslich und allein von der Einwirkung des Lichtes abhängig. Wäre im speciellen Falle die Beleuchtung intensiver und länger gewesen, so würde man von dem Stiele fast nichts sehen, er würde zumeist vom Hute überdeckt sein, wie es bei Keimungen während des Sommers Regel ist. 1 die Sclerotien, aus welchen die Fruchtkörper keimten, 2 der Stiel, 3 der Hut, 4 die Volvahäufchen auf dem Gipfel des Fruchtkörpers, 5 die mächtigen Rhizoidenbündel, welche an der Basis des Stieles entspringen.

Fig. 9. nat. Gr. Längsschnitte durch keimende Sclerotien, welche die Fruchtkörper axil getroffen haben. 1 die schwarze Rinde der Sclerotien, 2 das weisse Mark der Sclerotien schon zum Theil durch die Bildung des Fruchtkörpers entleert, 3 der Stiel des ausgekeimten Fruchtkörpers, 4 Gipfel des Hutes, 5 die Lamellen, 6 die Volva des Hutes, 7 die Volva des Stieles mit der

des Hutes den ganzen Fruchtkörper umschliessend, 8 die schon mehr oder minder ausgebildeten Rhizoiden; sämmtliche Fruchtkörper befinden sich in dem zweiten Entwickelungsstadium, in der Streckung der Elemente des Hutes mit gleichzeitiger Ausbildung der Hymenialflächen.

Fig. 10. $\frac{30}{1}$. Ein Längsschnitt durch ein keimendes Sclerotium bei schwacher Vergrösserung gezeichnet, um die Verbindung des Fruchtkörpers mit dem Sclerotium zu zeigen. Der Längsschnitt ist genau axil, aus der Reihe succedaner Längsschnitte ausgewählt. 1 das Mark des Sclerotiums, 2 die innere schwarze Rinde, 3 die äussere schwarze Rinde des Sclerotiums, 4 der Stiel des auskeimenden Fruchtkörpers, 5 der schon entstandene Markraum, 6 die Hutwand, 7 der Gipfel des jungen Hutes, 8 die angeschnittenen Lamellen, 9 die Hutvolva, 10 die Volva des Stieles, 11 die Rhizoiden am Fusse des Fruchtkörpers. Der Hut des Fruchtkörpers ist noch im lebhaften Wachsthum durch Neubildung also noch im ersten Stadium der Entwicklung begriffen (die Figur ist um ein Drittel nach der Originalzeichnung verkleinert wiedergegeben, dabei ist die obere Partie des Stieles zu schmal und in einigen Details undeutlich geworden).

Tafel III.

Sämmtliche Figuren vom Coprinus stercorarius in natürlicher Grösse gezeichnet.

Fig. 1. Ein Fruchtkörper des Coprinus aus einem Sclerotium gekeimt, der in der letzten Streckung des Stieles und der Aufspannung des Hutes begriffen ist. 1 das Sclerotium, aus welchem der Fruchtkörper keimte, 2 der Stiel leicht behaart, 3 der Hut, 4 die zerfallene Volva, 5 die überaus mächtig entwickelten Rhizoiden vielfach verzweigt und an ihren basalen Theilen gebräunt, 6 ein nicht zur Entwicklung gelangter Fruchtkörper, von welchem ich den Hut abgeschnitten hatte; auf der Schnittfläche ist eine neue Fruchtanlage durch vegetative Aussprossung entstanden.

Fig. 2. *a—d*. Fruchtkörper bei sehr schwacher Beleuchtung aus einem Sclerotium keimend. *a—c* die verschiedenen Stadien der Entwicklung eines und desselben Fruchtkörpers. *a* mit stark vergeiltem Stiele, der Hut im ersten Stadium der Entwicklung, 1 Sclerotium, 2 Stiel, 3 Hut, 4 Volva, 5 Rhizoiden des Fruchtkörpers. *b* mit stärker vergeiltem Stiele, der Hut im zweiten Stadium der Entwicklung, weitere Bezeichnungen wie in *a*. *c* mit gestrecktem Stiele und verblühtem Hute, *c* 3 das Knäulchen, durch Einrollen des Hutrandes nach rückwärts entstanden. *d* der obere Theil eines Fruchtkörpers, dessen Hut in der Sporenentleerung, dessen Rand bereits im Einrollen begriffen ist.

Fig. 3. *a* u. *b*. Schnitte von Sclerotien nach der Keimung. *a* ein völlig ausgesogenes Sclerotium, 1 die schwarze Rinde, 2 der Hohlraum, der früher mit Mark ausgefüllt war. *b* ein halb entleertes Sclerotium, das Mark ist in der Mitte noch ziemlich normal, nach den Rändern durchscheinend und schon mehr ausgesogen.

Fig. 4. *a* u. *b*. Fruchtkörper aus Sclerotien keimend, die durch Entziehung des Lichtes vergeilt sind und zahlreiche secundäre und tertiäre Fruchtkörper durch vege-

tative Aussprossung aus den Zellen des Stieles gebildet haben; eine von diesen secundären Fruchtanlagen ist zur Entwicklung gekommen, sobald das Licht energisch einwirkte. Die Rhizoidenbildung tritt normal an den Ursprungsstellen der verwachsenen Stiele auf, sie ist künstlich auch im Verlaufe der Stiele dadurch hervorgerufen worden, dass die vergeilten Stiele mit dem feuchten Sande in Verbindung gesetzt wurden. 1 die Sclerotien, 2 der erste vergeilte Fruchtkörper, 3 dessen Hut, der nicht zur Entwicklung gekommen ist. $2_{,}$ die secundären Fruchtanlagen an dem Stiele des ersten Fruchtkörpers, der aus dem Sclerotium keimte, 2_{i} diejenige von diesen Fruchtanlagen, welche zur weitesten Entwicklung gekommen ist. $2_{,,}$ tertiäre Aussprossungen an dieser Fruchtanlage, die ebenfalls vergeilt sind, ohne dass der Hut $3_{,}$ zur Entwicklung kam. 2_{ii} die zur Entwicklung gelangte tertiäre Aussprossung einer Fruchtanlage, $3_{,,}$ der grosse Hut dieser Fruchtanlage, der die Einwirkung des Lichtes und seinen Einfluss schlagend darthut, 4 die Volva dieses Hutes, der am Abschlusse des zweiten Entwicklungsstadium vor der letzten Streckung des Stieles steht. $5_{,}$—$5_{,,,,}$ die Rhizoiden; 6 und 7 primäre Fruchtanlagen in den verschiedenen Stadien, die nicht zur Entwicklung gekommen sind. Bei *a* 2_{ii} wirkte das Licht auf eine Fruchtanlage ein, deren Stiel noch nicht vergeilt war, bei *b* 2_{ii} wirkte das Licht auf einen schon lang vergeilten Fruchtkörper, dessen Hut zur Entwicklung kam, so wie das Licht seine Wirkung geltend machte, auch der Stiel, vorher schmächtig fadenartig, nimmt unter dem Einflusse des Lichtes sofort die vielfache Dimension an. (Mit Rücksicht auf den Raum sind die ursprünglichen vergeilten Stiele namentlich in *a* 2 verkürzt wiedergegeben).

Fig. 5. Vergeilte Fruchtkörper von bedeutender Länge, die der Wirkung des Lichtes nicht ausgesetzt sind. 1 das verwachsene Sclerotium, aus zwei nebeneinander entstehenden Sclerotien gebildet, 2 die geförderte Fruchtanlage, 3 deren Hut, der nicht zur Entwicklung gelangte, $2_{,}$ secundäre Sprossungen in verschiedenen Stadien, $2_{,}$ die längste dieser secundären Anlagen, welche in $2_{,,}$ eine tertiäre Fruchtanlage gebildet als ein Zeichen, dass der Hut $3_{,}$ nicht zur Entwicklung kommt, 6 kleinere primäre Fruchtanlagen, 5 Rhizoiden.

Fig. 6. *a* u. *b*. Fruchtkörper, denen der erste Hut abgeschnitten ist, welche aus der Schnittfläche durch vegetative Sprossung einen neuen Fruchtkörper gebildet haben, 1 Sclerotium, 2 Stiel des ersten Fruchtkörpers, primärer Stiel, $2_{,}$ Stiel des zweiten Fruchtkörpers, secundärer Stiel, 3 secundärer Hut mit der Volva, 4, 5 und $5_{,}$ die primären und secundären Rhizoiden.

Fig. 7. *a* u. *b*. Aehnliche nur weiter entwickelte Zustände wie in Fig. 6 aus grösseren Sclerotien keimend. *a* mit zwei grösseren Fruchtanlagen auf dem Sclerotium, von denen eine nach der Enthauptung auf der Schnittfläche ausgewachsen ist, *b* mit vielen primären Fruchtanlagen (6), welche nach dem Abschneiden des Hutes neue Fruchtkörper ($6_{,}$) aus der Schnittfläche gebildet haben, welche rudimentär geblieben sind; nur eine ($2_{,}$ $3_{,}$) ist zur Entwicklung gekommen.

Fig. 8. *a*—*d*. Verstümmelte Fruchtkörper, welche aus der Seitenfläche des primären Stieles (2) neue Fruchtkörper durch Sprossung ($2_{,}$ $3_{,}$) getrieben haben. Die secun-

dären Fruchtkörper in verschiedenen Stadien der Entwicklung aus Sclerotien verschiedener Grösse keimend.

Fig. 9. *a—d.* Verstümmelte Fruchtkörper, welche aus der Schnittfläche und der Oberfläche des primären Stieles neue secundäre Fruchtkörper gebildet haben. Die Fruchtkörper in den verschiedenen Stadien der Entwicklung Die Figur *d* gehört zu 11 und ist vom Lithographen irrthümlich an die verkehrte Stelle gebracht worden.

Fig. 10. Aehnlicher Zustand wie in Fig. 9, aus der Schnittfläche sind in einem Falle 2 Fruchtanlagen entstanden. Weitere Bezeichnung wie in Fig. 6 und 7.

Fig. 11. *a* u. *b.* 2 mal verstümmelte Fruchtkörper, welche aus der zweiten Schnittfläche einen tertiären Fruchtkörper gebildet haben. *a* mit nur einer Fruchtanlage am Sclerotium, *b* mit vielen primären Fruchtanlagen (6) welche aus der Seiten- und aus der Schnittfläche des Stieles secundäre Fruchtkörper 6, gebildet haben, welche aber rudimentär geblieben sind.

Fig. 12. *a* u. *b.* 3 mal verstümmelte Fruchtkörper, welche an den verbundenen Stielstummeln die 4. Sprossgeneration, einen Fruchtkörper im 2. Stadium der Entwicklung tragen.

Fig. 13. Ein 4 mal verstümmelter Fruchtkörper mit der 5. Sprossgeneration auf den Stielstummeln, Bezeichnung wie früher.

Um die Bezeichnung der Zahlen an allen Figuren gleich zu machen, habe ich die Stiele und Hüte und Rhizoiden der verschiedenen Fruchtkörpergenerationen durch Striche unterschieden.

Fig. 14. *a—c.* Keimungen von Fruchtkörpern aus kleinen Stückchen zerschnittener Sclerotien. *a* mit vielen Fruchtanlagen an der Schnittfläche und der Peripherie, der Oberfläche des zerschnittenen Sclerotiums. *b* mit einer Fruchtanlage aus der Mitte der Schnittfläche, welche zur vollen Reife gelangt ist und eben an dem ausgespannten Hute die Sporen abwirft. *c* mit einer Fruchtanlage an der Peripherie, welche bereits verblüht und im Zerfliessen begriffen ist.

Tafel IV.

Sämmtliche Figuren vom Coprinus stercorarius.

Fig. 1. $\frac{120}{1}$ u. $\frac{300}{1}$. *a—d.* Enden und Theile eines Myceliums mit Schnallenfusionen und den typischen Verzweigungen, welche nach dem Auftreten der Schnallen die Mycelfäden auszeichnen. *a* und *b* 1 die Endzelle des Fadens, 2—4 secundäre Zweigbildungen aus den Gliederzellen eines Fadens unter der Schnallenfusion. *c* ein Stückchen eines Myceliums (1) mit nur einem Seitenaste unter der Schnallenfusion (2); der Seitenast hat unten eine Schnallenfusion gebildet ohne Seitenast. *d* ein nicht geförderter Seitenzweig mit hirschgeweihartiger weiterer Verzweigung.

Fig. 2. $\frac{305}{1}$. Längsschnitt durch einen vergeilten jungen Fruchtkörper mit noch ganz rudimentärer Hutanlage. 1 der vergeilte Stiel, 2 die rudimentäre Hutanlage aus dem Gipfel des Stieles sprossend, 3 die Enden der Sprosshyphen der Hutanlage, die an den Spitzen bereits zu leeren Volvablasen ange-

schwollen und zerfallen sind, 4 die Theilungszone in der oberen Region des Stieles etwas unter der Hutanlage, 5 die Hyphen der Stielvolva.

Fig. 3. $\frac{300}{1}$. Längsschnitt durch einen grösseren vergeilten Fruchtkörper, an welchem der Hut etwas weiter entwickelt und bereits mit seiner wachsenden Randzone umgewendet ist. 1 der Stiel, 2 der Gipfel des Hutes, in welchem sich nun die hutbildenden Fäden wie in einem Wirbel kreuzen, 3 die Enden dieser Fäden, die zur Volva werden, 4 die Theilungszone im Stiele, 5 Hyphen der Stielvolva, 6 die wachsende Randzone des Hutes, welche schon ganz nach abwärts sieht und über den Stiel hinabwächst.

Fig. 4. $\frac{15}{1}$. Querschnitt durch die Mitte eines Hutes, in welchem die Lamellen fast vollständig ausgebildet sind, die Streckung der Elemente und die Ausbildung der Hymenialflächen noch nicht eingetreten sind. 1 der Stiel des Fruchtkörpers mit einem kleinen Markraume (2), 3 die Peripherie des Stieles, an welcher die Lamellen endigen, 4 primäre Lamellen, deren Spitzen bis zum Stiele reichen, 5 secundäre kürzere Lamellen in den verschiedensten Längen in radialer Richtung, 6 die Wand des Hutes, 7 die Volva des Hutes.

Fig. 5. $\frac{45}{1}$. Stück eines Querschnittes stärker vergrössert. Die Lamellen sind noch nicht so weit entwickelt wie in Fig. 4. 1 der centrale Theil des Stieles mit sechs englumigen Zellen gebildet, die weiter nach innen einen Markraum umschliessen, 2 die mittleren Partien des Stieles, die sich zuerst ausbilden; zwischen den grösseren Zellen befinden sich kleinlumige (Seitensprosse der Hyphen mit grösserem Lumen der Zellen); 3 die Peripherie des Stieles aus sehr englumigen Zellen gebildet, die Ausbildung dieser peripherischen Elemente schreitet centrifugal fort. Weitere Bezeichnungen wie in Fig. 4.

Fig. 6. $\frac{200}{1}$. Kleines Stückchen eines Querschnittes wie in Fig. 5 stärker vergrössert, um die Structur der Lamellen und der Hutwand zu veranschaulichen. 1 die Volvablasen des Hutes, 2 die Hutwand, deren Zellen auf dem Querschnitte wie ein echtes Gewebe aussehen, 3 der innere Theil der Hutwand, an welchem die Lamellen entspringen, 4 die orthogonal-trajectorisch verlaufenden Hyphen der Trama, deren Enden die geschlossene Pallisadenzone 5 bilden, 6 die Interstitien zwischen den Lamellen, deren Basaltheile in einander übergehen. Ob ursprünglich vor der Anlage der Lamellen die freie Innenwand des Hutes ganz mit einer Pallisadenzone überzogen ist, von welcher sich an einzelnen Stellen die Lamellen als Vegetationspunkte erheben, oder ob die Lamellen zuerst entstehen und ihre Pallisadenzonen seitlich verbinden, kann durch Beobachtung nicht festgestellt werden. Die kürzeren secundären Lamellen haben eine geschlossene Vegetationsspitze.

Fig. 7. $\frac{300}{1}$. Stückchen einer Lamelle im Querschnitt, Differenzirung der Pallisadenzone zum Hymenium. 1 die Trama der Lamelle, 2 sterile Zellen des Hymeniums, welche nicht auswachsen, 3 fertile Zellen, welche auswachsen und später zu den sporentragenden Basidien werden, 4 grössere der auswachsenden Zellen, welche sich zu den Cystiden ausbilden.

Fig. 8. $\frac{300}{1}$. Stückchen einer älteren Lamelle, die Pallisadenzone weiter differenzirt. 1 Trama, 2 sterile Pallisadenzelle (Paraphysen), 3 fertile Pallisadenzellen (Basidien), 4 Cystiden.

Fig. 9. $\frac{300}{1}$. Pallisadenzone mit einigen Tramahyphen (1), die sterilen Pallisaden (2) erweitert, die jungen Basidien verlängert.

Fig. 10. $\frac{120}{1}$. Flächenansicht des jungen Hymeniums. 1 sterile Pallisaden, 2 junge Basidien. Die Stellung beider zu einander zeigte, dass sie alterniren, also die Hälfte der ursprünglichen Elemente der Pallisadenzone sich als Basidien erhebt, während die anderen nicht auswachsen und sich nur seitlich dehnen. Je mehr dies geschieht, um so weniger kann man auf dem Querschnitte die alternirende Anordnung erkennen, wie dies die früheren Figuren darthun. Bei 3 findet sich eine sterile Eckenverbindung der Pallisaden, dies kommt nur selten vor.

Fig. 11. $\frac{300}{1}$. die Bildung der Sterigmen und Sporen auf den Basidien. 1 die Trama, 2 die sterilen Pallisaden, 3 die Basidien mit den Sterigmen, deren Spitzen (5) zu Sporen anzuschwellen beginnen; 4 die cylindrisch gewordenen Cystiden.

Fig. 12. $\frac{300}{1}$. das Ende einer Lamelle nach beendeter Sporenbildung. 1 die Trama, 2 sterile Pallisaden, 3 Basidien mit vollkommen ausgebildeten Sporen (5), 4 Cystiden, 4, Grenzcystiden, 6 Endigungen der Tramahyphen zwischen den Grenzcystiden. Diese mittleren Tramaenden bleiben steril und schwellen später zu Blasen an, denen der Volva gleich, dies geschieht aber erst mit der letzten Streckung.

Fig. 13. $\frac{300}{1}$. Stückchen einer Lamelle in der letzten Streckung von der unteren Partie nahe der Schneide entnommen. 1 die Tramahyphen, die sich bald nachher durch Dehnung zum subhymenialen Gewebe erweitern, in den oberen Partien der Lamellen ist dies bereits geschehen; 2 die sterilen Pallisaden, die sich zu grossen Quadern erweitert haben; 3 die Basidien mit den Sterigmen (4), von welchen die Sporen durch die mechanischen Eingriffe bereits abgeworfen sind.

Fig. 14. $\frac{300}{1}$. Flächenansicht einer differenzirten in starker Streckung begriffenen Lamelle. 1 die sterilen Pallisaden, 2 die Basidien, welche in Folge der ungeheuren Erweiterung der sterilen Pallisaden von diesen umschlossen die Ecken einnehmen. Bei 3 sind in dieser Ansicht 3 sterile Ecken.

Fig. 15. $\frac{60}{1}$. Querschnitt von der Hutwand. 1 Volvazellen, 2 die Huthaut aus den peripherischen Zellen der Hutwand gebildet durch Verdickung der Membranen, die sich dabei zugleich etwas färben; 3 innere Partien der Hutwand, die zartwandig bleiben, und später mit der Streckung und Aufspannung des Hutes untergehen.

Fig. 16. $\frac{450}{1}$. 2 Sporen stark vergrössert, die eine von oben gesehen, welche eine lichte Stelle, den Keimporus zeigt, die anderen in der Fläche mit einem lichten Fleck an der einen Seite, welche der Insertionsstelle der Spore am Sterigma entgegengesetzt ist.

Tafel V.

Sämmtliche Figuren vom Coprinus stercorarius.

Fig. 1. $\frac{5}{1}$. Vegetative Aussprossung einer jungen Fruchtanlage (1) von einem Sclerotium zu normalen Mycelien, die Fruchtanlagen in verschiedenen Stadien der Ent-

wicklung tragen. 1 die Lage der auskeimenden Fruchtanlage, 2 das Mycelium, welches aus den Keimzellen wie aus Sporen gewachsen ist, 3 die grösste fast reife Fruchtanlage an einem Mycelfaden entsprungen, 3 und 4 kleinere Fruchtanlagen, welche an einzelnen Mycelfäden gebildet sind.

Fig. 2. $\frac{3}{1}$. Schnitt eines Sclerotium allseitig aussprossend zu normal fructificirendem Mycelium (2), 3 und 4 die Fruchtanlage in verschiedenen Stadien der Entwicklung, welche an dem Mycelium aufgetreten sind.

Fig. 3. $\frac{5}{1}$. Stückchen einer in der Differenzirung begriffenen Lamelle (1), allseitig vegetativ aussprossend; 2 das Mycelium, 3 und 4 die Fruchtanlagen, welche an diesem Mycelium gebildet sind.

Fig. 4. $\frac{5}{1}$. Stückchen eines Stieles, welches durch vegetative Sprossung fructificirendes Mycelium erzeugt hat; die Mycelfäden gehen aus jeder lebend gebliebenen Zelle wie aus einer Spore hervor. Diese Cultur wurde im wenig beleuchteten Raume gehalten, trägt darum sehr kleine Fruchtanlagen.

Die Fig. 1—4 sind nach Objectträgerculturen gezeichnet. Die Theile eines Sclerotiums oder Fruchtkörpers wurden wie Sporen in Mistdecoct gebracht, wo jede lebend gebliebene Zelle sofort zu neuem Mycel aussprosste.

Fig. 5. *a* u. *b* nat. Gr. Bildung von secundären Fruchtkörpern durch vegetative Sprossung an abgeschnittenen jungen Hüten. *a* die Bildung eines Fruchtkörpers an der Schnittfläche des primären Stieles, *b* Auftreten vieler secundärer Fruchtkörper an der Schnittfläche und am Hutrande.

Fig. 6. nat. Gr. Halbirte abgeschnittene junge Hüte, welche am Stiel, am Hutrande und an den Lamellen secundäre Fruchtanlagen durch Aussprossung gebildet haben.

Fig. 7. $\frac{15}{1}$. Ein abgeschnittener Hut mit secundären Fruchtkörperaussprossungen bei schwacher Vergrösserung gezeichnet, um die Art des Aussprossens und die Stelle wo es geschieht deutlicher zu zeigen. 1 der Stiel, 2 der Hut, 3 die Volva des abgeschnittenen Fruchtkörpers; 4 ein Fruchtkörper aus den Zellen des Stieles an der Schnittfläche durch Aussprossung, gebildet; 5 ein junger Fruchtkörper dem Hutrande entsprosst; 6 und 7 junge Fruchtkörper auf den Schneiden der Lamellen entstanden.

Fig. 8. $\frac{25}{1}$. Stück eines Hutes mit 3 Aussprossungen zu secundären Fruchtkörpern in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Das Stück ist die Oberfläche von einem abgeschnittenen und durchschnittenen Hute, durch Präparation abgetrennt. Die 3 Fruchtkörper 3, 4 und 5 stehen auf den Lamellenschneiden (1), welche aussen noch mit dicken Volvamassen (2) bedeckt sind.

Fig. 9. $\frac{80}{1}$. Stück eines angeschnittenen Stieles, der an der Schnittfläche und an der Peripherie je einen secundären Fruchtkörper gebildet hat bei schwacher Vergrösserung gezeichnet. Der Schnitt durch den Stiel (1) ist dick, um die Aussprossung der Hyphen, welche die secundären Fruchtkörper (2 und 3) bilden, aus den Zellen des Stieles sehen zu können, ohne zugleich diese Fruchtkörper zu verletzen. Die Zellen des Stieles sind länger, als sie in dem Bilde gezeichnet sind; ihre wirkliche Länge konnte hier nicht gesehen werden, weil man immer mehrere Lagen übereinander zugleich sieht.

Tafel VI.

Fig. 1—7. Coprinus lagopus.

Fig. 1. *a—g.* nat. Gr. Fruchtkörper von Coprinus lagopus in sehr verschiedenen Formen und verschiedenen Stadien der Entwicklung. *a* drei junge Fruchtkörper mit kolbig angeschwollener Stielbasis, die Volva noch in continuirlichem Verbande. *b* ein grösserer junger Fruchtkörper mit scheibenförmig erweiterter Stielbasis. *c* der mächtige Fruchtkörper, der sich aus dem Zu-Zustande *b* später entwickelt hat. Fruchtkörper gleicher Grösse kommen in der Natur nicht vor, sie sind nur durch Cultur zu gewinnen auf reichem Nährsubstrate, bei gänzlichem Ausschluss anderer Pilze; der Stiel hat die volle Länge erreicht, er bleibt bei diesen Riesenindividuen immer kürzer; der Hut ist mit den Trümmern der Volva lose bedeckt, mit kleinen Schüppchen lose verbundener Hyphenhaare, die mit der Ausbildung der Huthaut von dieser abgestossen werden. *d* ein grosser Fruchtkörper mit normal langem Stiele; der Stiel ist unten behaart, die Haare gehen an der Basis in dünne Rhizoidenstränge über; der Hut ist im Aufspannen begriffen, hat darum von unten nach oben eine etwas geschweifte Form. *e* Spitze eines ähnlichen Fruchtkörpers im Aufspannen begriffen; von dem Hute ist die Volva gänzlich abgestossen, der Gipfel des Hutes zeigt einen undeutlichen Discus, der Rand eine Längsstreifung, welche durch das Aufreissen der Huthaut über den Lamellen, die dadurch gespalten werden, herbeigeführt ist. *f* ein kleiner Fruchtkörper im Beginn der letzten Streckung des Stieles, *g* während der letzten Streckung des Stieles mit halb aufgespanntem Hute.

Fig. 2. $\frac{120}{1}$. Spitze eines Mycelfadens, dessen Seitenzweige sich zu Trägern der Stäbchenfructification ausbilden. 1 Mycelfaden, 2 die keulig angeschwollenen Seitenzweige, 3 das ebenfalls keulig angeschwollene Ende des Fadens. Scheidewände waren in dem Faden nicht zu sehen.

Fig. 3. $\frac{400}{1}$. Spitze eines Mycelfadens mit Stäbchenfructificationen; die Träger (2) der Stäbchen (3) weichen in der Dicke der Fäden nicht von dem eigentlichen Mycelfaden (1) ab; die Stäbchen stehen in Büscheln zusammen.

Fig. 4. $\frac{400}{1}$ u. $\frac{600}{1}$. *a—e.* Mycelfäden mit Stäbchenträgern und zerfallenen Stäbchen. — *a* Ein Mycelfaden, der an seinem Ende in einen Stäbchenträger ausläuft und zwei Seitenzweige zu Stäbchenträgern ausgebildet hat. Die Träger sind durch ihre grösseren Dimensionen von dem gewöhnlichen Mycelfaden (1) sogleich zu unterscheiden; 2 die Stäbchenträger mit secundären Verzweigungen und zahlreichen Scheidewänden. Die Stäbchen (3) stehen in dichten Büscheln zusammen, die eben im Zerfallen begriffen sind. *b* abgeblühte Stäbchenträger (2) als Seitenzweige an einem Mycelfaden (1), bei 3 die Insertionsstellen der Stäbchen in undeutlichen kleinen Vorsprüngen. *c* Stäbchen einzeln zerfallen und noch zu zweien verbunden, *d* Stäbchen stärker vergrössert. *e* die Keimungserscheinungen (?), welche ich an den Stäbchen beobachtet habe.

Fig. 5. $\frac{8}{1}$. Ein Mycelium mit zahlreichen Fruchtanlagen in allen Stadien der Entwicklung an den einzelnen Mycelfäden entspringend. Objectträgercultur aus

einer Spore, die in 1 gelegen ist, in Mistdecoct gezogen; 2 das Mycelium, an dessen Hauptfäden diese Unmasse von Fruchtkörpern entstehen; 3 und 4 die schon deutlich in Hut und Stiel differenzirten Fruchtkörper; 5 kleine junge Fruchtanlagen, an welchen bei der gezeichneten Vergrösserung eine Differenzirung nicht deutlich erkannt werden konnte, die ich darum schematisch angedeutet habe.

Fig. 6. $\frac{150}{1}$. Querschnitt durch die Hutwand eines entwickelten Fruchtkörpers; 2 die Zellen der Hutwand, welche ihre Membranen verdickt haben.

Fig. 7—13. Coprinus ephemerus.

Fig. 7. *a—c* nat. Gr. Fruchtkörper in den verschiedenen Grössen und in verschiedenen Stadien der Entwicklung begriffen. *a* eine Gruppe junger Fruchtkörper. *b* ein grösserer Fruchtkörper, welcher bereits an der Basis Rhizoiden gebildet hat. *c* ein grosser Fruchtkörper im Beginn der Stielstreckung und der Aufspannung des Hutes. *d* ein grosser gestreckter Fruchtkörper mit halb aufgespanntem Hute, der wie der Hut in *c* von geringer Menge Volvablasen rauh erscheint. *e* ein anderer Fruchtkörper mit kleinem Hute ganz aufgespannt, die Lamellen aufgerissen, daher die radiale Streifung. (Fig. *e* doppelt vergrössert).

Fig. 8. $\frac{400}{1}$. die Keimung der Sporen mit mehreren hefeartig aus einandersprossenden Keimblasen, 1 Spore, 2 Keimblasen.

Fig. 9. $\frac{300}{1}$. Ein nicht geförderter Seitenast (2) eines Mycelfadens (1) mit hirschgeweihartigen Verzweigungen, an welchen später zumeist die Stäbchenfructificationen gebildet werden.

Fig. 10. $\frac{400}{1}$. *a—d*. Eine Keimung der Sporen, bei welcher an den Keimschläuchen und selbst an der Keimblase sofort die Stäbchen in grosser Zahl auftreten; sie sitzen meistens an kurzen Trägern, die aber oft so kurz sind, dass sie dem Faden direct zu entspringen scheinen. 1 die Keimsporen mit der schon von Stäbchen besetzten Keimblase, 2 die Keimschläuche, 3 die noch ungegliederten Stäbchen in 4 4 einfach verzweigt. *a* die ganze Keimung, *b* nur der centrale Theil Keimblase mit Stäbchen an der Keimspore, *c* $\frac{300}{1}$ Spitze eines Keimschlauches ganz mit Stäbchenzweigen besetzt, *d* Stäbchen, nachdem sie von den Keimschläuchen abgefallen sind, einzeln in verschiedener Länge und oft auch lose verbunden, trotzdem eine Zergliederung eingetreten ist.

Fig. 11. $\frac{300}{1}$. Ein junges Mycelium aus der Spore 1 gekeimt an allen Keimschläuchen (2) reich mit Stäbchenzweigen besetzt. 3 die angeschwollenen Enden der Keimschläuche, welche zahlreiche Stäbchenzweige (5) tragen; 4 nicht angeschwollene Enden, welche normal weiter wachsen; 6 einfach verzweigte Stäbchenzweige. Sämmtliche Stäbchenzweige sind noch ungegliedert und zerfallen erst später.

Fig. 12. $\frac{400}{1}$. *a* und *b* Stäbchen an einem langen dünnen Mycelfaden vereinzelt vorkommend. *a* ein Mycelfaden mit den Stäbchenzweigen (2). *b* die zerfallenen Stäbchenzweige, einzelne Stäbchen und zu zweien lose verbunden in verschiedenen Grössen.

Fig. 13. $\frac{150}{1}$. Partie der Huthaut von der Fläche gesehen, das Bild ist von einem Hute

nicht weit vom Scheitel, vom Discus entnommen; die Zellen der Huthaut sind flach oder mit stark verdickten Wänden versehen.

Tafel VII.

Fig. 1—5. Coprinus lagopus.

Fig. 1. $\frac{150}{1}$. Spitze eines jungen Fruchtkörpers von Coprinus lagopus vor der Hutbildung. Das Bild ist einer Objectträgercultur, die reichlichst Fruchtkörper erzeugt hatte, entnommen.

Fig. 2. $\frac{150}{1}$. Spitze eines jungen Fruchtkörpers von Coprinus lagopus, an welchem die Anlage des Hutes auf dem Gipfel des Stieles in den ersten Stadien der Bildung begriffen ist. 1 die untere Partie des Stieles, 2 die cambiale Zone desselben in lebhafter Theilung, 3 die junge Hutanlage, die auf der Spitze des Stieles entsteht, 4 die Hyphenenden der Hutanlage, welche zur Volva werden, 5 die peripherischen Hyphen des Stieles, die nicht mit in die Bildung des Stieles aufgegangen sind; sie bilden die Stielvolva, ihre Fäden convergiren nach dem Scheitel der Fruchtanlage, die sie vor der Entstehung des Hutes in Fig. 1 völlig verdeckten. Die Hyphen der Stielvolva und der Hutvolva sind durch convergirenden und divergirenden Hyphenverlauf auf den ersten Blick zu unterscheiden, sie verbinden sich später an der Grenzregion zu der Gesammtmasse der Volva.

Fig. 3. *a* u. b weiter entwickelte Stadien von Fruchtkörpern des Coprinus lagopus ebenfalls nach Objectträgerculturen gezeichnet. *a* $\frac{40}{1}$ Gesammtbild eines jungen Fruchtkörpers. 1 Insertionsstelle am Mycelfaden, 2 der Stiel des Fruchtkörpers, 3 der junge Hut, 4 die Hutvolva, 5 die Stielvolva an der Stelle, wo sie mit der Hutvolva zusammengewachsen ist. *b* $\frac{100}{1}$ die Spitze eines solchen Fruchtkörpers stärker vergrössert. 1 der Stiel, 2 die cambiale Zone des Stieles, 3 die obere Spitze des Hutes, sein Gipfel, 4 die Hyphen der Hutvolva, 5 die nach unten den Stiel überwachsenden Partien des Hutes, 6 die Stielvolva mit dem unteren Theile der Hutvolva verbunden.

Fig. 4. *a* u. *b* Längsschnitt eines älteren Fruchtkörpers, von dem die Volva abgestossen wird. *a* $\frac{20}{1}$, Gesammtbild des Längsschnittes. 1 der Stiel schon mit einem Markraume, 2 die Lamellen des Hutes, 3 die Hutwand, an deren Oberfläche die Huthaut bereits ausgebildet ist, 4 die Hutvolva aus einzelnen Haaren bestehend, die seitlich lose verbunden sind, 5 eine durch die Huthautbildung abgestossene Partie der Volva; dieselbe ist hier in der Gesammtheit in loser Verbindung geblieben, häufiger wird sie zertrümmert durch die spätere Streckung und die Trümmer haften lose als einzelne Haare oder Schuppen von Haaren an dem Hut. *b* $\frac{150}{1}$ ein Haar der Volva für sich gezeichnet, um die Form des Volvaelementes zu veranschaulichen; die ganze Masse der Volva besteht aus diesen Haaren, die in losester seitlicher Verbindung mit einander stehen.

Figur 5—9. Coprinus ephemerus.

Fig. 5. $\frac{25}{1}$. Spitze eines differenzirten jungen Fruchtkörpers von Coprinus ephemerus nach einer Objectträgercultur gezeichnet. 1 der Stiel, 2 der Hut, die pa-

rallelen Längsstreifen bezeichnen die Grenzen der einzelnen Lamellen, die von Luft gefüllt sind und darum dunkel erscheinen, 3 die ausserordentlich geringe Behaarung des Pilzes an Stiel und Hut. Soweit man verfolgen kann, sind die Haare die rudimentäre Anlage der Volva, sie sind sofort mit der ersten Anlage des Hutes zu unterscheiden, bilden sich aber nur ausserordentlich langsam aus.

Fig. 6. $\frac{25}{1}$. Längsschnitt eines Fruchtkörpers von Coprinus ephemerus. 1 der Stiel, 2 der Hut, 3 die Huthaut mit den Haaren, 4 die Lamellen.

Fig. 7. $\frac{200}{1}$. Randzone des Hutes von demselben Längsschnitte stärker vergrössert. 1 Gewebe des Hutes, 2 die epidermalen Zone des Hutes, die Zellen dieser Zonen verdicken später ihre Membranen und werden zur Huthaut. 3 die rudimentären Volvahaare des Pilzes. Die Haare wachsen erst später länger aus, nehmen durch einander nahe gelegene Anschwellungen Rosenkranzform an und zerfallen später, wenn die Huthaut als solche ausgebildet ist, zu den Blasenzellen, wie sie beim Coprinus stercorarius vorkommen. Erst wenn dies geschehen wird die rudimentäre Volva als solche sichtbar, und ebendarum ist es gerechtfertigt, den Pilz, wie es *Fries* (Hymenomycetes europaei) gethan, zu den Volvaten zu stellen.

Fig. 8. *a—d* nat. Gr. Fruchtkörper von Coprinus ephemerus, welche durch Entziehung des Lichtes in der Entwicklung gehemmt sind, an deren Stielen eine lebhafte Neubildung von Fruchtkörpern ohne Mycelien eingetreten ist. *a* ein Fruchtkörper mit zahlreichen jungen Fruchtanlagen, 1 der Stiel seinem ganzen Verlaufe nach mit mehr als hundert jungen Fruchtanlagen bedeckt; 3 die Fruchtanlage, in ihren Anfängen durch Punkte angedeutet, aus oberflächlichen Zellen des Stieles durch vegetative Aussprossung entstanden genau wie an einem Mycelfaden; 4 die jungen so entstandenen Fruchtanlagen schon in Stiel und Hut differenzirt; 2 der ursprüngliche Hut des Fruchtkörpers, dessen Aufspannung ohne Licht nicht erfolgen konnte. *b* ein Fruchtkörper ähnlicher Art mit weiter vorgerückten secundären Fruchtkörpern, die in dichten Büscheln zusammenstehen. *c* und *d* Fruchtkörper mit fast völlig entwickelten, secundär am Stiele entstandenen neuen Fruchtkörpern, Bezeichnung der Einzelheiten wie in *a*.

Figur 9—10. Coprinus stercorarius.

Fig. 9. nat. Gr. Ein grosses Sclerotium von Coprinus stercorarius mit mehr als 100 Fruchtkörpern auf einmal keimend. Die aus den oberflächlichen Zellen des Sclerotiums keimenden Fruchtanlagen bedecken dicht das ganze Sclerotium. Die Fruchtanlagen sind nach der Auskeimung dem Lichte entzogen, und bei herabgestimmter Temperatur in der Finsterniss vergeilt, eben darum in allen Stadien der Entwicklung anzutreffen. 1 das Sclerotium, 2 die noch sehr kleinen Fruchtanlagen, 3 etwas grössere, 4 solche mit schon lang vergeilten Stielen, 5 und 6 die längsten Fruchtanlagen der Keimung, 5 deren vergeilte Stiele, 6 der rudimentäre Hut an der Spitze des Stieles von grossen Volvamassen eingehüllt.

Fig. 10. Ein anderes Sclerotium von Coprinus stercorarius mit massenhaften Auskeimungen in natürlicher Grösse, die Wirkungen der Lichtentziehung in

weiteren Stadien als Fig. 9 veranschaulichend. 1 das Sclerotium so mit Fruchtanlagen bedeckt, dass es nur hie und da durchschimmert, 2 die jüngsten Fruchtanlagen, 3 die grossen Fruchtanlagen, 4 mit schon langen Stielen, 5 mit 2 Zoll langen Stielen, 6 mit 5—6 zolligen Stielen, 7 die längsten Fruchtkörper der Keimung. Die Stiele haben eine sehr bedeutende Länge durch Vergeilung erreicht, ohne dass die ursprüngliche Hutanlage, (9) die mit einer mächtigen Volva umgeben ist, zur Entwicklung kam. Von nun an wachsen die Stiele nur mehr langsam fort, weil die Zufuhr an Nahrung aus dem sehr fern gelegenen Selcrotium immer mehr erschwert wird. Die ursprünglichen Hutanlagen kommen an demselben Präparat nicht zur Entwicklung, sie sterben mit weiterer Vergeilung der Stiele ab. Statt ihrer treten namentlich an den unteren Stellen neue Fruchtanlagen durch secundäre Sprossung aus den Oberflächenzellen des Stieles auf. Ich habe sie in 8 in ihren Anfängen gezeichnet, sie nehmen später ebenfalls durch weitere Vergeilung grosse Dimensionen an, die ich nicht mitgezeichnet habe, weil ich nur einen Zustand des Präparats wiedergeben wollte. Die Vergeilungen sind so gewaltig, die secundären Neubildungen in dem weiteren Verlaufe so massenhaft, dass es unmöglich ist, naturgetreue Bilder in dem Zustande der Vollendung der Erscheinungen wiederzugeben, sie würden zu viel Raum einnehmen; es scheint mir aber nicht schwierig, sich den wahren Verhalt der Sache auf Grund der Beschreibung durch die Vorstellung zu vergegenwärtigen. — Ich will noch bemerken, dass es unmöglich war, die sämmtlichen Bilder des Coprinus stercorarius zusammenzustellen, ich habe einzelne von ihnen, wie die hier beschriebenen, auf die übrigen Tafeln vertheilen müssen, die Tafel VIII enthält die letzten Figuren des Coprinus.

Tafel VIII.

Figur 1—4. Typhula variabilis.

Fig. 1. nat. Gr. Keimung des Fruchtkörpers aus dem Sclerotium. 1 Sclerotium, 2 der Stiel, 3 der apicale Kolben mit dem Hymenium. 4 Rhizoiden.

Fig. 2. *a* u. *b*. $\frac{400}{1}$. Kleine Partien von einem Mycelium mit Stäbchenträgern durch Cultur der Sporen gewonnen. *a* 1 Mycelfaden, 2 Stäbchenträger, 3 die Stäbchen. *b* zerfallene Stäbchenzellen.

Fig. 3. *a* u. *b*. $\frac{200}{1}$. Sclerotium im dünnen Schnitt und von der Fläche gesehen. *a* dünner Schnitt durch ein Sclerotium. 1 die Cuticula der epidermalen Zellzone (2), 3 das farblose dichte Hyphengeflecht des Markes, welches durch die dichte Verflechtung der Hyphen gewebeartig erscheint. *b* Flächenansicht eines Oberflächenschnittes, welche die dichte Verbindung der epidermalen Gewebszone aus grossen Zellen bestehend zeigt; diese gleicht der Epidermis höherer Pflanzen.

Fig. 4. $\frac{300}{1}$. Zergliederungen der Mycelfäden von Crucibulum vulgare in verschiedenen Formen. Die Zergliederungen kommen an den Mycelien nur unter Umständen vor, sie sind dann vollständig, wenn alle Gliederzellen Inhalt führen, unvollständig gemmenartig, wenn dies mit Unterbrechungen der Fall ist,

wenn inhaltreiche Gliederzellen (2) mit leeren (1) alterniren. Es kann nicht wohl sehr unwahrscheinlich erscheinen, dass diese Zergliederungen den Bildungen der Stäbchenfructification bei Coprinus und Typhula etc. entsprechen.

Figur 5 und 6. Tremella foliacea.

Fig. 5. $\frac{300}{1}$. dünner Schnitt durch den Fruchtkörper der Tremella; 1 die Hyphen, deren Enden (2) zu Basidien anschwellen und auf ihrem Gipfel 4 fadenförmige Sterigmen (3) bilden, deren Spitzen zu Sporen (4) anschwellen; 5 die gallertartige Grundmasse des Fruchtkörpers, in welcher die Fäden verlaufen. Der ganze Fruchtkörper besteht nur aus einerlei Hyphen, welche an den Enden zu sporentragenden Basidien werden. (Die Basidien sind bei der Verkleinerung der Originalzeichnung für die Tafel etwas zu schmal und die ganze Figur im Druck zu dunkel geworden).

Fig. 6. $\frac{300}{1}$. *a—f*. Sporenkeimungen der Tremella. *a* Keimung der Sporen (1) mit Stäbchenbüscheln (2), *b* Bildung der Stäbchenfructification an etwas längeren Keimschläuchen, *c* lange Keimschläuche (2) aus der Keimspore (1) hervorgegangen reich mit Stäbchenbüscheln (3) besetzt, *d* abgefallene Stäbchen, *e* Stäbchen in den ersten Stadien der Keimung, *f* dieselben zu längeren Fäden und grösseren vielverzweigten Mycelien entwickelt. Die Mycelien erlangten grosse Dimensionen, ohne aber während der Dauer der Cultur Fruchtkörper zu bilden.

Figur 7—15. Coprinus stercorarius im Anschluss an Tafel IV und V, wo die Figuren keinen Platz mehr finden konnten. Figur 7—12 schwach vergrössert, 12—15 natürliche Grösse.

Fig. 7. $\frac{30}{1}$. Spitze eines Fruchtkörpers im Finstern gewachsen mit vergeiltem Stiele und ganz rudimentärem Hute, 1 Stiel, 2 rudimentäre Hutanlage, deren Fadenenden schon zu Volvablasen zerfallen sind (3). Der Schnitt von Fig. 2 auf Tafel IV entspricht einem ähnlichen Stadium eines vergeilten Fruchtkörpers.

Fig. 8. $\frac{30}{1}$. Spitze eines ähnlichen Fruchtkörpers mit etwas weiter entwickeltem Hute wie in Fig. 7.

Fig. 9. $\frac{30}{1}$. Spitze eines vergeilten Fruchtkörpers mit deutlich differenzirtem Hute und nach unten fortwachsendem Hutrande.

Fig. 10. $\frac{30}{1}$. eine andere Spitze mit dem nächsten Stadium der Hutentwicklung.

Fig. 11. $\frac{30}{1}$. Eine Spitze, deren Hut die an der Innenseite bereits eingetretene Lamellenbildung (4) in fast parallelen, nach dem Gipfel radial verlaufenden Längsstreifen auch in der Flächenansicht erkennen lässt.

Fig. 12. Sclerotienbildung aus den Stielen langvergeilter Fruchtkörper, welche aus einem Sclerotium keimten und mehrere Monate im Finstern aufbewahrt wurden. 1 der Stiel des direct aus dem Sclerotium keimenden primären Fruchtkörpers, 2 dessen verkümmerter Hut, 3 und 4 Stiel und Hut eines secundären aus dem Stiele des primären gesprossten Fruchtkörpers, 5 Sclerotien aus den Stielen der Fruchtkörper wachsend in dem Stadium der Wasserabscheidung begriffen und von dicken lichtbrechenden Wassertröpfchen (6) bedeckt, 7 junge Sclerotien, die nicht mehr zur Entwicklung kommen.

Fig. 13. *a* und *b*. Bildung von verwachsenen Sclerotien an den Stielen der Fruchtkörper, welche aus einem primären Sclerotium keimen. *a* drei verwachsene Sclerotien im Stadium der Wasserabscheidung, zwei von diesen an einem primären (1), eines an einem secundären Stiele (2). *b* ein Conglomerat von 5 nahe zusammen an einem Stiele entstehenden und mit den Rändern verwachsenen Sclerotien.

Fig. 14. Secundäres Sclerotium an einem secundären Fruchtkörper gebildet, in Keimung begriffen mit mehreren kleinen und einem grossen Fruchtkörper. 1 der primäre Stiel des aus dem primären Sclerotium keimenden Fruchtkörpers, 2 und 3 Stiel und Hut des secundär aus dem ersten Stiele gesprossten Fruchtkörpers, 4 das aus diesem Stiele gebildete secundäre Sclerotium, 5 ein Fruchtkörper, der aus diesem secundären Sclerotium keimt, 5 kleine Fruchtanlagen auf dem secundären Sclerotium, welche nicht zur Entwicklung kommen.

Fig. 15. Ein Riesensclerotium aus der Verwachsung vieler Sclerotien entstanden.

Figur 16 und 17 Coprinus ephemeroides.

Fig. 16. Fruchtkörper des Coprinus in den verschiedenen Stadien der Ausbildung in natürlicher Grösse. *a* ein Fruchtkörper mit dem Hut im zweiten Stadium der Entwicklung, der Stiel noch ungestreckt. Der Fruchtkörper ist ganz von einer Volva umgeben, an der Basis des Stieles sprossen bereits Rhizoiden aus. *b* ein Fruchtkörper, an welchem die Volva durch Streckung des Stieles zerrissen ist. *c* ein Fruchtkörper mit gestrecktem Stiele, der Hut im Aufspannen begriffen, wodurch der Annulus mobilis eben vom Hutrande abgelöst wurde. *d* ein ähnlicher Fruchtkörper. *e* ein solcher mit $^2/_3$ aufgespanntem Hute.

Fig. 17. $\frac{300}{1}$. Stückchen eines Myceliums mit einzelnen dichten Stäbchengruppen besetzt.

Tafel IX.

Figur 1—5, Coprinus ephemeroides.

Fig. 1. $\frac{40}{1}$. Längsschnitt eines Fruchtkörpers von Coprinus ephemeroides nach eben erfolgter Hutanlage. 1 die Basis des Fruchtkörpers und seine Ansatzstelle am Mycelium, 2 der Stiel unten knollig erweitert, 3 die junge Hutanlage, 4 die überaus mächtige Volva des Fruchtkörpers.

Fig. 2. *a* u. *b*. *a* $\frac{40}{1}$. Längsschnitt eines ältern Fruchtkörpers von Coprinus ephemeroides. 1 die Basis des Stieles, 2 die knollenartige untere Erweiterung des Stieles, 3 der schon im Stiel entstandene Markraum, 4 die cambiale Theilungszone des Stieles, 5 der Hut, 6 die grossen Volvamassen. *b* $\frac{100}{1}$ die Volva in etwas stärkerer Vergrösserung, bei 1 der Uebergang der Volva in die Elemente des Hutes, 2 die oberen Partien der Volva, die zu kugeligen Zellen auseinander fallen, immer grössere Luftinterstitien zwischen sich bekommen und daher die Masse der Volva dunkler erscheinen lassen, wenn wie in *a* und in Fig. 1 die Luft nicht ausgetrieben ist. Die Grenze von Hut und Volva, deren Elemente continuirlich in einander übergehen, ist nicht durch die Ausbildung einer Huthaut gegeben, beide bleiben mit einander in Ver-

bindung bis zur Reife des Fruchtkörpers, nur die Luftinterstitien bezeichnen einigermaassen die Stelle, wo die Elemente des Hutes zur Volva werden. Die Volva ist ausserordentlich massenhaft, die Elemente derselben bleiben in ziemlich festem Verbande und zerfallen nicht wie bei Coprinus stereorarius zu verstäubenden Blasenzellen.

Fig. 3. *a* u. *b*. *a* $\frac{20}{1}$ der Annulus mobilis des Coprinus ephemeroides nach seiner Ablösung ausgebreitet bei schwacher Vergrösserung gezeichnet. 1 die frühere Verbindungsstelle an der Stielbasis, 2 die Abtrennungsstelle vom Hutrande. *b* $\frac{150}{1}$. ein Stückchen des Annulus stärker vergrössert. Die verbundenen Hyphen des Annulus laufen nach 1 in die Zacken aus, die durch die gewaltsame Abtrennung vom Stiele herbeigeführt wurden, sie werden nach oben in ihren Zellen weiter und kürzer; indem sich die Zellen mehr und mehr erweiterten, ging der Hyphencharakter allmählich verloren, es wurde der gegenseitige Verband locker und hierdurch die Abtrennung in 2 von dem sich aufspannenden Hutrande vorbereitet.

Figur 4—8. Amanita muscaria.

Fig. 4. $\frac{20}{1}$. jüngste Zustände eines Fruchtkörpers von Amanita muscaria, Längsschnitt. 1 die knollenförmige Stielanlage, 2 die Bildung des Hutes auf dieser. In der Stielanlage finden sich bereits grosse blasige Zellen zwischen der Hyphenmasse als erste Einleitung zur Gewebebildung vor; es sind nur vereinzelte Hyphen, welche zunächst in grosse Zellen übergehen. Ich habe die Gegenwart dieser Zellen in dem Stielknollen schematisch angedeutet, so gut es anging.

Fig. 5. $\frac{20}{1}$. Längsschnitt durch weiter entwickelte Zustände. Der Stielknollen (1) ist grösser und etwas länger geworden, die blasigen Zellen zur Gewebebildung haben sich sehr bedeutend vermehrt und etwas in die Länge gestreckt, sie sind so zahlreich geworden, dass sie die Hauptmasse des Stielknollens bilden und nur von wenig Hyphen getrennt sind, die zwischen ihnen verlaufen, die später ebenfalls in Gewebe übergehen. 2 die sehr vorgeschrittene Hutanlage, oben eine schwache Wölbung erkennen lassend; schon hier ist die Grenze von Hut und Volva in der Dichtigkeit der Hyphen angedeutet, ihre Elemente gehen aber bei stärkeren Vergrösserungen immer noch continuirlich in einander über. Die Zellen des Stielknollens sind schematisch angedeutet, die noch zwischen den Zellen verlaufenden Hyphen konnten bei der schwachen Vergrösserung natürlich nicht mit in das Bild hineingezeichnet werden.

Fig. 6. $\frac{20}{1}$. Längsschnitt durch die Spitze eines Fruchtkörpers von Amanita muscaria, der die Hutanlage axil getroffen hat. In der Entwicklung ist der durchschnittene Fruchtkörper etwa eben soweit gegen Fig. 5 vorgeschritten, als letztere gegen Fig. 4. 1 die mächtige Volva, 2 die schon scharf angedeutete Grenze des eigentlichen Hutes, 3 der Hut selbst, 4 der untere Theil des Hutes, der noch in der Differenzirung begriffen ist; die dunkel gehaltenen Linien bezeichnen die Anlage des Hymeniums im Hut. 5 der obere Theil des Stieles, der von dem Hute umschlossen ist, und später durch Auftreten einer cambialen Zone und durch Streckung der neugebildeten Zellen den

eigentlichen schlanken Stiel des Pilzes bildet, welcher den Hut an seiner Spitze trägt, 6 die blosse Andeutung von den bereits eingetretenen gewaltigen Dimensionen des Stielknollens, der die Hutanlage in diesem Stadium so überwallt, dass man sie kaum erkennen kann.

Fig. 7. $\frac{10}{1}$. Stück eines Längsschnittes durch den Hut bei sehr schwacher Vergrösserung gezeichnet. In diesem Entwicklungsstadium der Amanita ist die dicke gelatinöse Huthaut bereits ausgebildet, die Volva zerklüftet, aber noch nicht abgestossen. 1 die Volva aus losem lufthaltigem Gewebe bestehend, genau wie bei Fig. 2, *b* des Coprinus ephemeroides aussehend und continuirlich in die Hyphen des Gallertgeflechtes der Huthaut übergehend, 2 die Huthaut aus dichtem Hyphengeflecht gebildet, deren Membranen durch Vergallertung sehr mächtig werden; das Geflecht erscheint hell, weil die Luft fehlt und ist hierdurch sowohl von der Volva wie von der Masse des Hutes 3 leicht zu unterscheiden.

Fig. 8. $\frac{10}{1}$. Querschnitt durch den Hut von Amanita muscaria, der Schnitt hat die Hymenialzone getroffen. 1 der Stiel, 2 das neutrale Element von Hyphen, welches Stiel und Hut früher verband, in welchem die Lamellen aufgetreten sind. Die Lamellen 3 gehen continuirlich in das neutrale Hyphengeflecht, welches nunmehr den Stiel umgiebt, über und verlängern sich an dessen Grenze durch Spitzenwachsthum; nach der Ausbildung der Lamellen wird das neutrale Hyphengeflecht durch die Streckung des Stiels von diesem getrennt, später löst es sich auch, wie ein Schleier die Lamellen verhüllend, vom Hutrande und den Schneiden der Lamellen ab und bleibt als Annulus superus im Gipfel des Stiels nach der Aufspannung des Hutes hängen. 4 die Wand des Hutes, der die Lamellen angewachsen sind, 5 die Huthaut, 6 die Reste der Volva auf der gelatinösen Huthaut, die nicht völlig abgeworfen sind.

Tafel X.

Sämmtliche Figuren von den Rhizomorphen des Agaricus melleus.

Figur 1—5, Objectträgerculturen aus einer Spore gezogen.

Fig. 1. $\frac{1}{1}$. Mycelium (1) aus einer Spore von Agaricus melleus gezogen mit 6 jungen Rhizomorphenanlagen (2), die Anlagen der Rhizomorphen im ersten Stadium des sclerotialen Zustandes.

Fig. 2. $\frac{5}{1}$. Mycelium mit 5 Anlagen, aus denen sich die Vegetationspunkte der Rhizomorpha subterranea erheben. 1 das Mycelium aus einer central gelegenen Spore gebildet, 2 die ersten sclerotialen Stadien, 3 die aus diesen hervorwachsenden Vegetationspunkte der Rhizomorpha.

Fig. 3. $\frac{5}{1}$. Mycelium mit nur 1 Anlage, aus welcher sich nach entgegengesetzten Richtungen 2 Stränge entwickeln, Bezeichnung der Einzelheiten wie früher.

Fig. 4. Mycelien mit zwei Anlagen, aus deren einer sich ein langer Rhizomorphenstrang entwickelt hat.

Fig. 5. Ein anderes Mycelium mit einer Anlage, aus welcher ein Rhizomorphenstrang mit secundären Verzweigungen hervorgegangen ist. 1 Mycelium,

2 erste Anlage der Rhizomorpha, 3 der Hauptstrang, der von dieser Anlage ausgeht und zwei Seitenzweige gebildet hat. An der Oberfläche des Stranges hat eine lebhafte Hyphensprossung stattgefunden (4). Fig. 4 und 5 sind die grössten Stadien, welche ich auf dem Objectträger erzielen konnte, die Spitzen der Rhizomorphenstränge sind unthätig geworden und die Rhizomorpha geht in den Dauerzustand über. Durch die weitere Cultur dieser ersten auf dem Objectträger gezogenen Stadien sind die mächtigen Stücke von der Rhizomorpha subcorticalis gewonnen, die ich im Text beschrieben habe, welche später wieder Stolonen der Rhizomorpha subterranea austrieben, die das Material zu den künstlichen Infectionen, den Eindringungsversuchen in Kiefernwurzeln, abgaben.

Fig. 6. *a—c* nat. Gr. Verzweigungen der in Nährlösungen gezogenen Rhizomorpha subcorticalis. Die Stränge sind weiss, oft mehr rund, oft flach oder bandförmig. *a* mit primären Seitenzweigen (2), *b* und *c* mit secundären Verzweigungen aus diesen (3). Ich habe die letzten Enden der Stränge gezeichnet, welche sich bei annähernder Erschöpfung der Nährlösungen gebildet haben, ebendarum sind die Stränge so fein und dünn; die centralen Hauptarme erreichen die 10—20 fachen Dimensionen.

Fig. 7. $\frac{30}{1}$. Natürliche Endigung der letzten feinsten Verzweigungen der Rhizomorpha subcorticalis. Der Markraum (3) geht bis in die äusserste Spitze des Stranges (1). Der Strang ist an seiner ganzen Oberfläche zu mycelialen Hyphen ausgewachsen, welche sich später durch Hautbildung an der Oberfläche gleichsam in e i n grosses Sclerotium umwandeln; man vergleiche Fig. 2 der folgenden Tafel.

Fig. 8. $\frac{300}{1}$. Längsschnitt durch die Spitze eines wachsenden Rhizomorphastranges. 1 einzelne radial abstehende Hyphen der Peripherie, 2 lose verbundene Hyphen der Peripherie eng anliegend, 3 die Rindenzone des Stranges aus englumigen dicht verflochtenen Hyphen bestehend; in dieser Rindenzone dauert die Vermehrung der Elemente fort durch Sprosse, welche sich zwischen die vorhandenen drängen und hie und da einmal in deutlich radialer Richtung nach Aussen verlaufen, 4 die Grenze zwischen Rinden- und Markelementen; an dieser hört die Vermehrung der Elemente allmählich auf, die Zellen folgen durch Dehnung und Streckung den Vorgängen an der Peripherie, durch die Dehnung wird der Gewebeverband der Markzellen 5 ein deutlicher. Die Zellen des Markes (5) sind in der axilen Region am grössten, wo die Elemente des Markes zuerst aufhören sich zu vermehren und ihre Streckung beginnen, sie nehmen nach der Rinde zu allmählich an Grösse ab, so dass eine bestimmte Grenze zwischen Mark und Rinde nicht besteht. 6 der Markraum, welcher schon oben im Gipfel bald hinter dem Vegetationspunkte durch Auseinanderweichen der Markzellen bei 8 entsteht. 9 secundär horizontale Scheidewände in den Zellen des Markes, 7 der Vegetationspunkt, der den Eindruck eines echten Gewebes macht, aber wahrscheinlich kein echtes Gewebe ist, sondern nur eine sehr innige Verbindung eines Hyphencomplexes.

Fig. 9. $\frac{350}{1}$. Längsschnitt durch eine Rhizomorpha subcorticalis, an welcher die Aus-

sprossung zu Mycelfäden eine äusserst lebhafte ist. 1 die Markzellen, 2 die Rinde, deren Zellen sämmtlich in radialer Richtung Mycelfäden (3) austreiben.

Tafel XI.

Sämmtliche Figuren von den Rhizomorphen des Agaricus melleus.

Fig. 1. $\frac{150}{1}$. Schnitt durch das erste sclerotiale Stadium einer Rhizomorphenanlage; die hinteren Theile der Fadenenden (1) in der Bildung eines Scheingewebes (2) begriffen.

Fig. 2. $\frac{150}{1}$. Schnitt durch die Gewebehaut, welche sich aus den mycelialen Aussprossungen der Rhizomorpha subcorticalis (Fig. 7 und 9 der Tafel X) an der Oberfläche der Nährlösung gebildet hat.

Fig. 3. $\frac{40}{1}$. Spitze eines dünnen Stranges der Rhizomorpha subterranea, 1 peripherische, in Gallerte eingebettete Hyphen, 2 Rinde und Mark, 3 der Markraum in Form eines dunklen Schattens.

Fig. 4. $\frac{30}{1}$. Querschnitt durch einen jungen ziemlich dicken Strang der Rhizomorpha subcorticalis, 1 peripherische Hyphen in Gallerte eingebettet, 2 die Rinde aus sehr kleinen Zellen gebildet, welche allmählich in die grösseren des Markes (3) übergehen, 4 der Markraum nicht mit secundärem Marke ausgefüllt.

Fig. 5. $\frac{45}{1}$. Querschnitt durch einen jungen Strang der Rhizomorpha subterranea, 1 peripherische Hyphenzone in Gallerte eingebettet, 2 die kleinzellige Rinde, 3 das grosszellige Mark, 4 der Markraum.

Fig. 6. $\frac{100}{1}$. Stück eines Querschnittes von einem dicken älteren Strange der Rhizomorpha subterranea, 1 die eingetrocknete Gallerte mit den peripherischen Hyphen, 2 die kleinzellige braune Rinde, 3 die inneren nicht gefärbten Theile der Rinde, welche allmählich in die grossen Zellen des Markes 4 übergehen.

Fig. 7. $\frac{20}{1}$. Querschnitt eines dicken alten Stranges der Rhizomorpha subterranea. 1 die eingetrocknete Gallertzone mit den peripherischen Hyphen, 2 die braune kleinzellige Rinde, 3 die inneren Theile der Rinde mit den Markzellen, 4 secundäres Mark, aus Hyphen bestehend, welche den Markzellen (3) entspringen und den Markraum schliesslich ausfüllen.

Fig. 8. $\frac{25}{1}$. Querschnitt von einem andern alten Strange, an welchem keine Gallertzone im eingetrockneten Zustande mehr zu erkennen ist. Bezeichnung der Einzelheiten wie in der vorigen Figur.

Fig. 9. nat. Gr. Parasitismus der Rhizomorpha, die als Rh. subcorticalis in eine frische Kieferwurzel eindringt und an den Schnittflächen zwischen Holz und Rinde als Rh. subcorticalis wieder zum Vorschein kommt. 1 die mit einer Haut überzogenen Rhizomorphenmassen der Rh. subcorticalis, von welcher die Stränge 2 der Rh. subterranea entspringen, 3 die Kiefernwurzel, welche gleich nach dem Abtrennen vom Stamm an die Spitze der Rhizomorphenstränge gelegt wurde. 4 ein Strang, welcher an der Schnittfläche zwischen Holz und Rinde sich eindrängt, 5 5 Stränge, deren Spitzen sich direct eingebohrt haben, 6 die breiten Bänder der zwischen Rinde und Holz schon nach

wenigen Tagen hervorwachsenden Rh. subcorticalis, welche von der eingedrungenen Rh. subterranea erzeugt worden ist.

Fig. 10. nat. Gr. Ein ähnliches Präparat wie Fig. 9, die Stränge der Rh. subterranea sind über die Wurzel gewachsen und haben an ihren unteren Seiten Auszweigungen »Senker« gebildet, welche eingedrungen sind und an den Schnittflächen als geschlossener Mantel von Rh. subcorticalis (5) wieder zum Vorschein kommen; Bezeichnung der Einzelheiten wie in der vorigen Figur.

Fig. 11. nat. Gr. Ein an der Schnittfläche der Wurzel (3) eingedrungener Strang (2) der Rh. subterranea, welche ihrerseits von der in 1 abgeschnittenen Rh. subcorticalis entspringt; der Strang kommt in 4 und 5 als Rh. subcorticalis in Form eines breiten Bandes aus der Wurzel wieder heraus, geht aber sogleich bei 6 wiederum in Rh. subterranea über.

Die Figuren 9, 10 und 11 sind mit Rücksicht auf den Raum um ein erhebliches Stück verkürzt wiedergegeben.

Berichtigungen.

Seite 14 Anmerk. 1 Zeile 6 lies oder für eine eigene Art statt als für eine . . . .

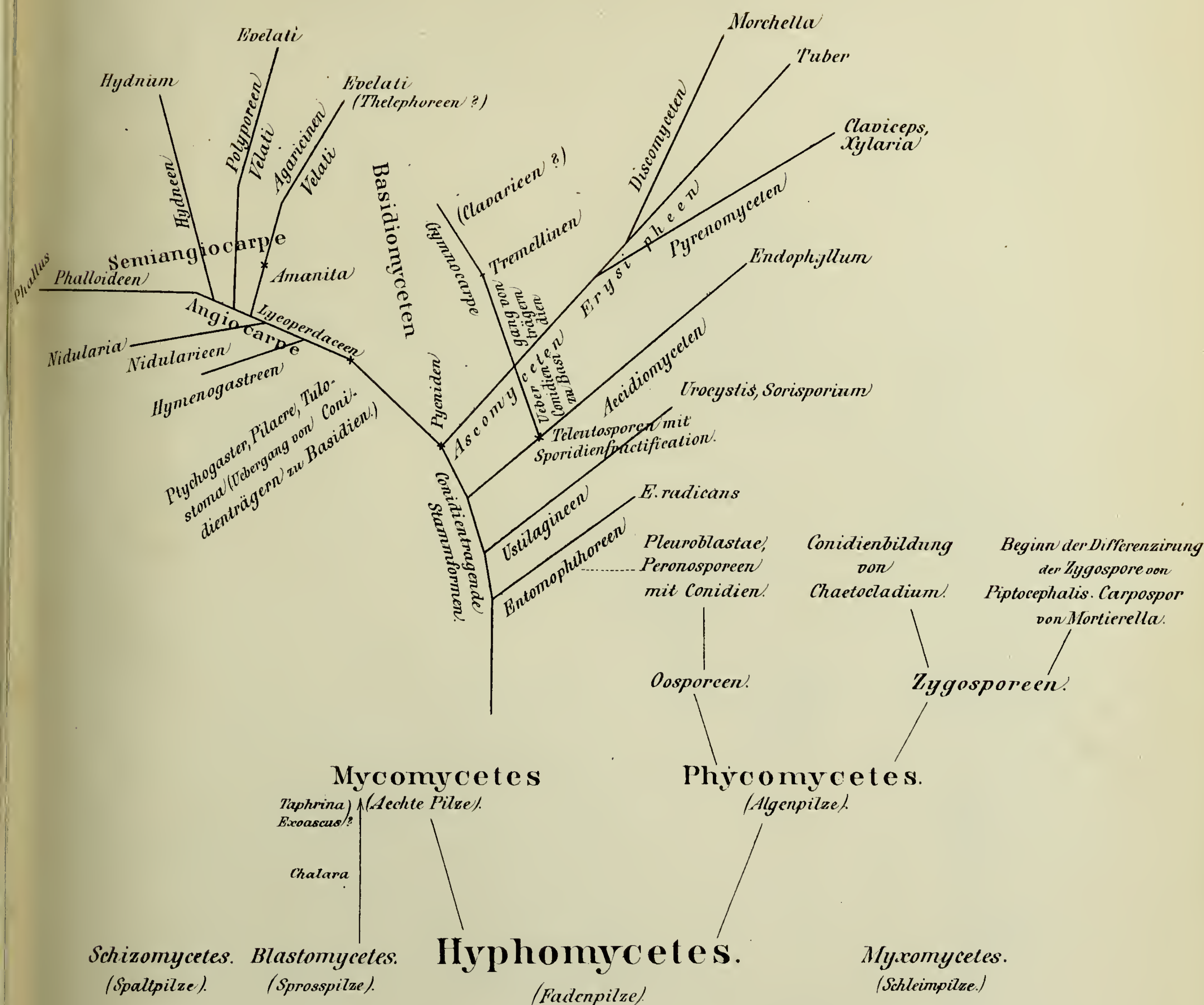
Seite 74 Zeile 2 lies oft bis 20 statt oft bis 70.

Seite 85 Zeile 4 von unten lies fortwachsend neue Archegonien statt fortwachsende neue Archegonien.

Seite 102 Zeile 14 lies Fruchtträger statt Fruchtkörper.

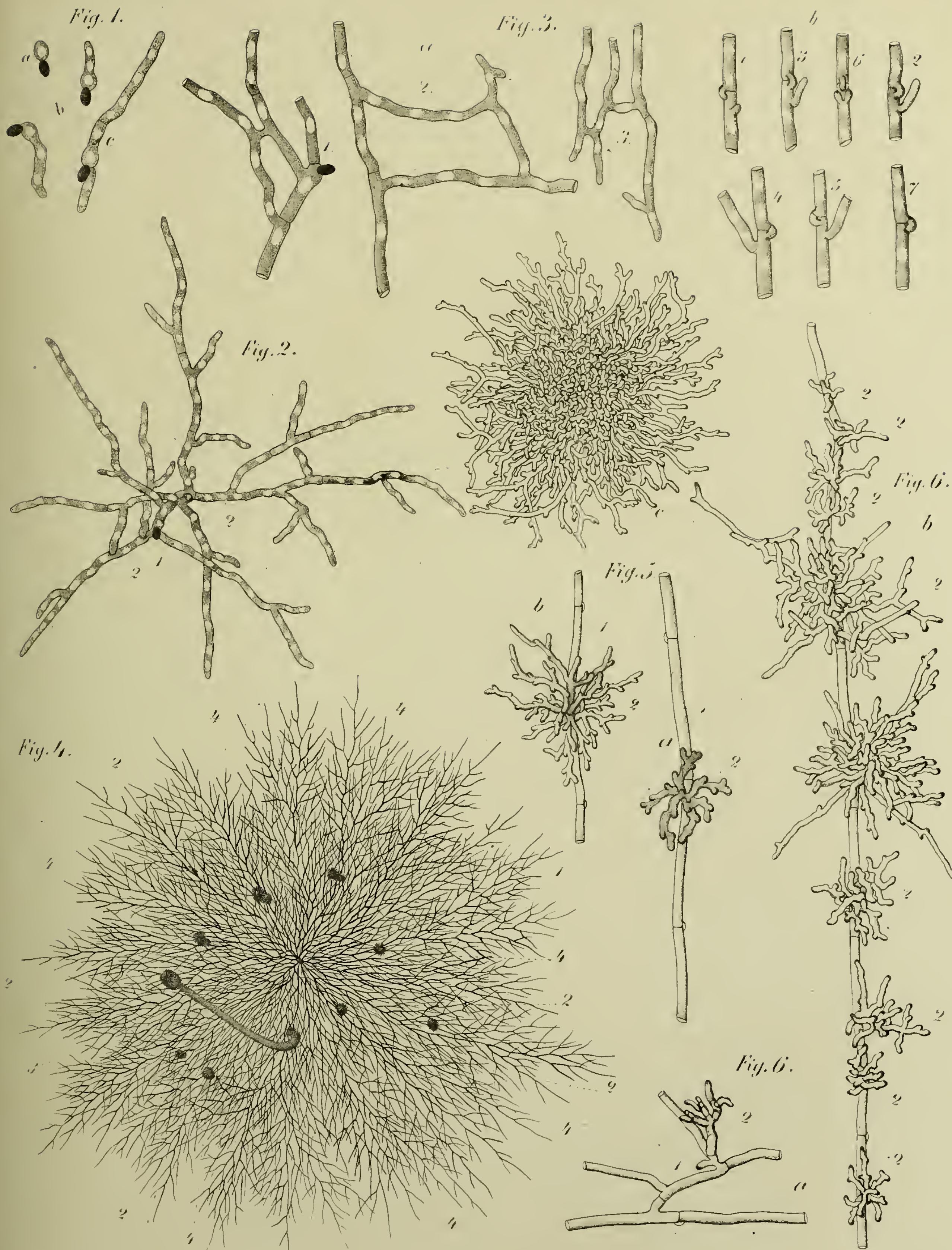
Seite 129 Zeile 10 lies centrifugal statt centripetal.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



NB. Die an die Endpunkte der Linien gestellten Namen bezeichnen Beispiele der höchsten Formen. — Die äussere Form eines Stammbaumes war für ein Schema, welches die natürliche Verwandtschaft der Pilze unter einander veranschaulichen soll, leider unvermeidlich. Dass aber dies Schema jedem Anspruche fern steht, überhaupt aus jetzt lebenden Formen, die ja als die einzelnen Endpunkte anzusehen sind, einen natürlichen Stammbaum zu construiren, versteht sich ganz von selbst; ich habe in der Anmerkung 3 Seite 194 meine Ansichten hierüber klar ausgesprochen.

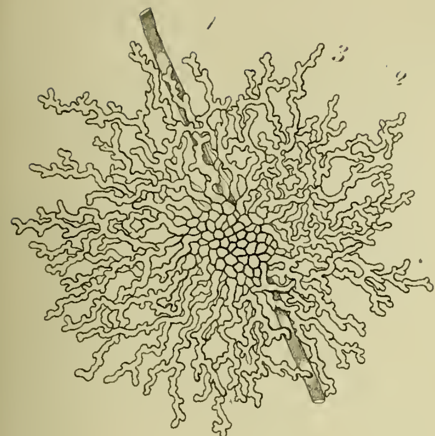
Taf. I.

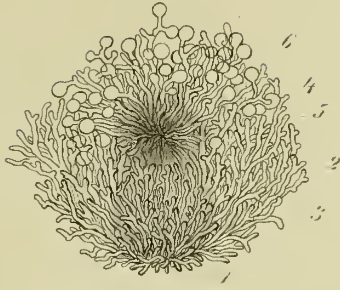


O. Brefeld gez.

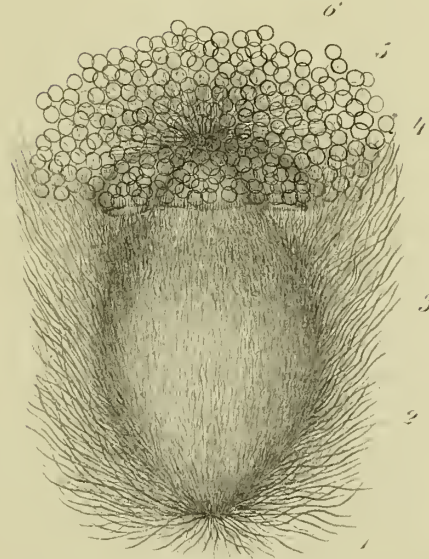
C. F. Schmidt lith.

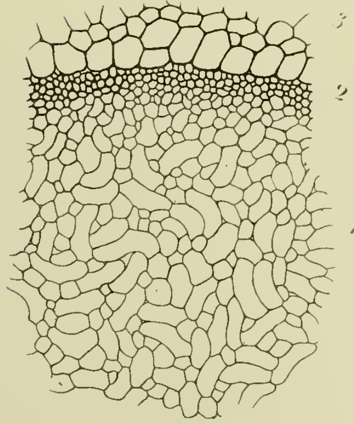
Taf. II.

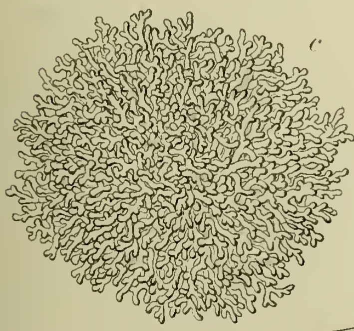


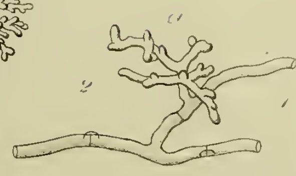




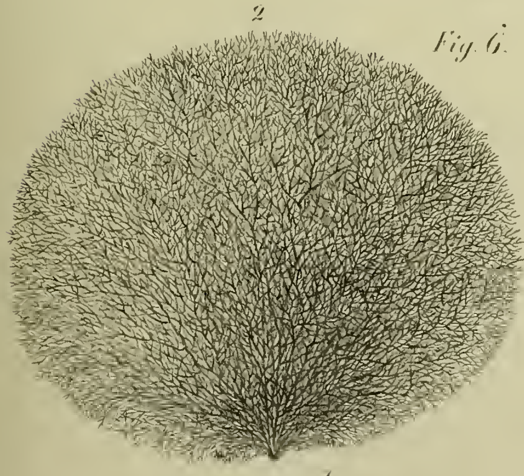




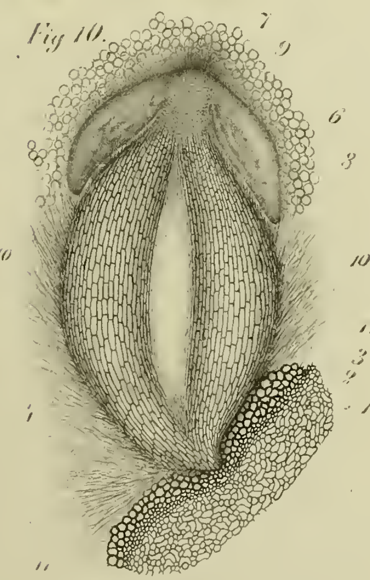












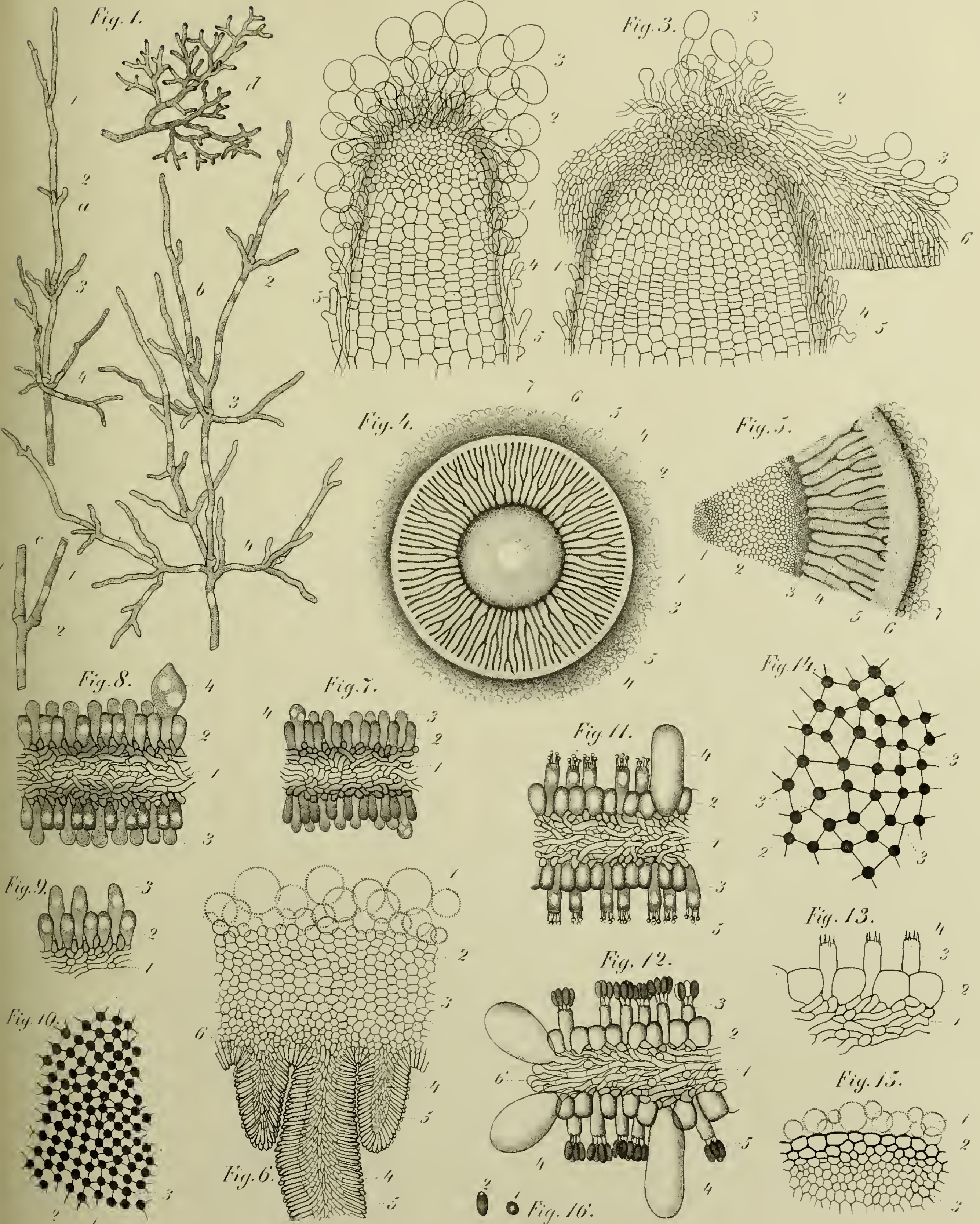
O. Brefeld gez.

C. F. Schmidt lith.



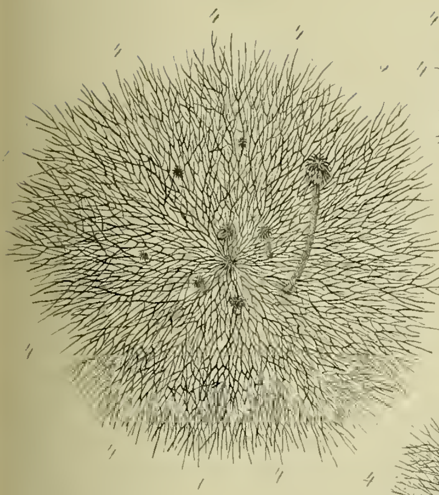
O. Brefeld gez.

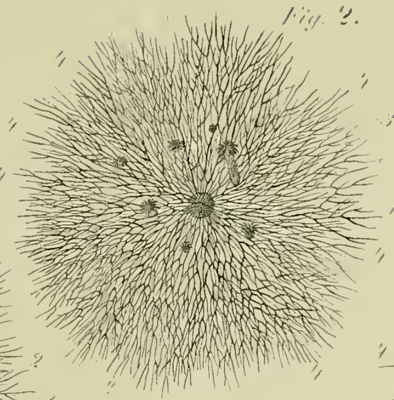
C. F. Schmidt lith.

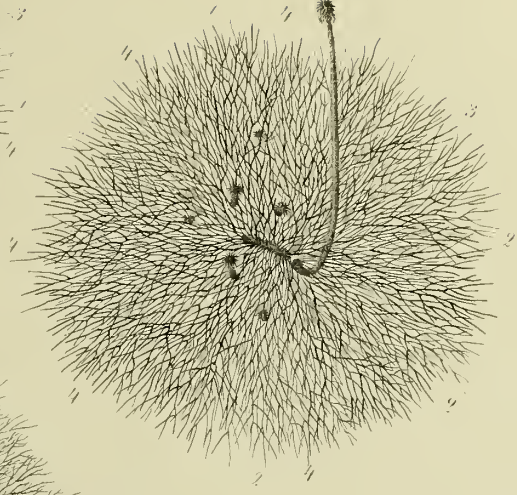


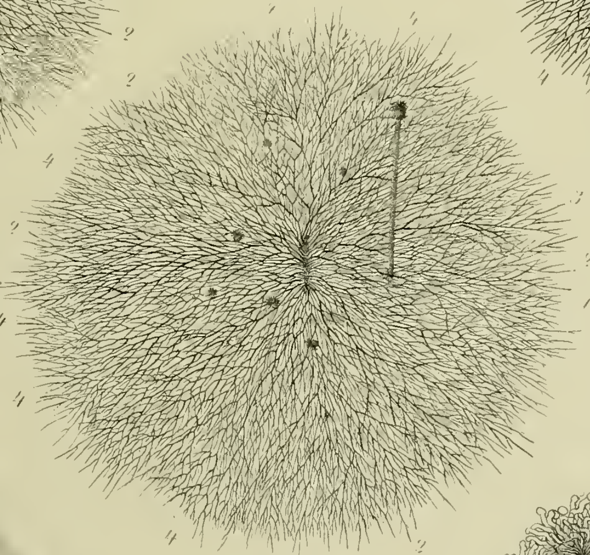
O. Brefeld u. W. Zopf gez. C. F. Schmidt lith.

Taf. V.







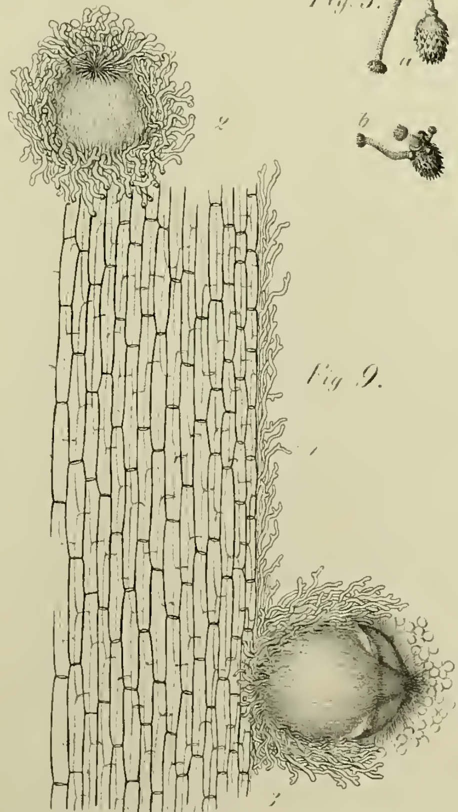






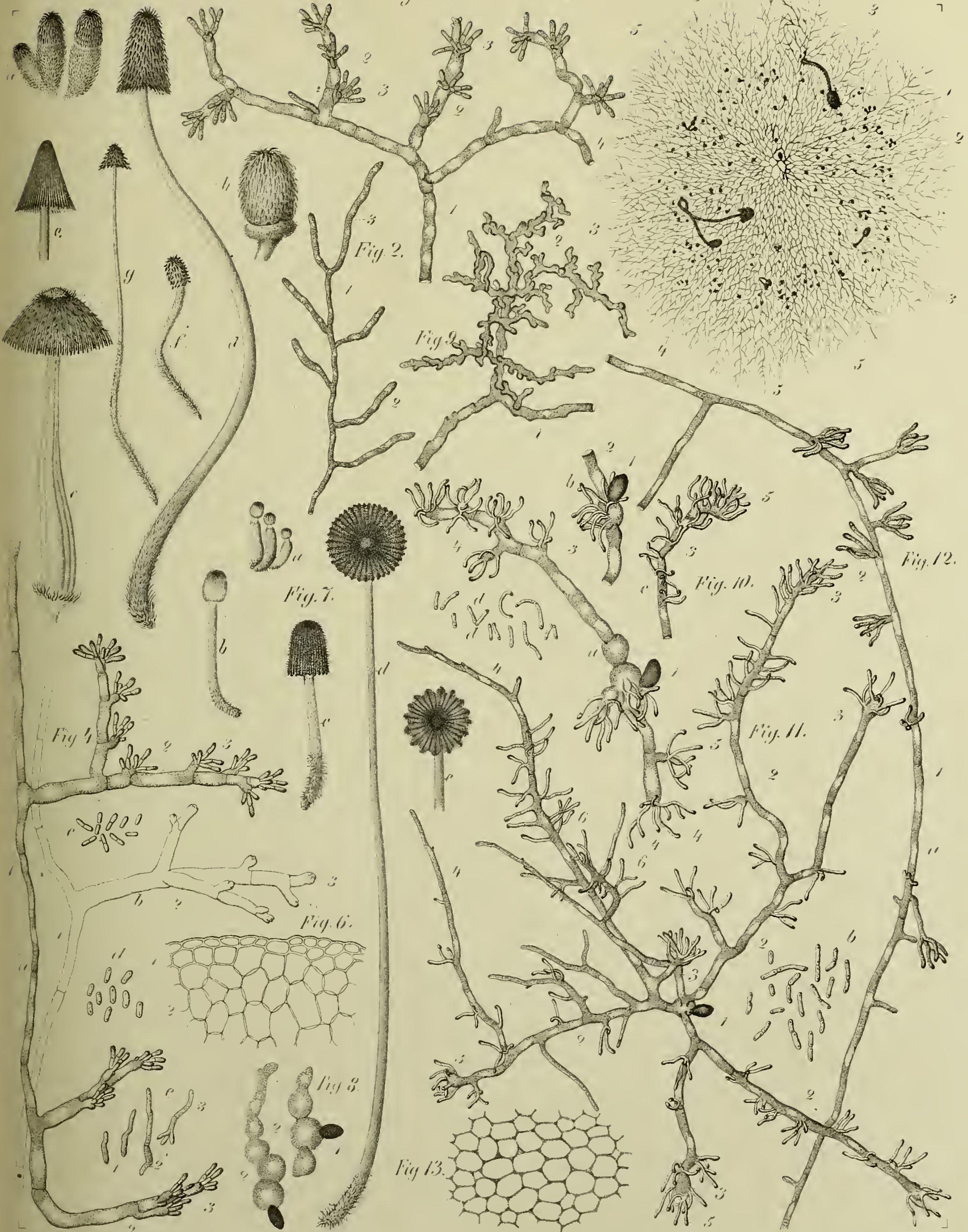




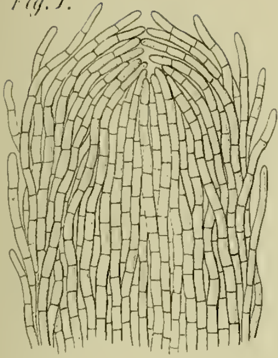


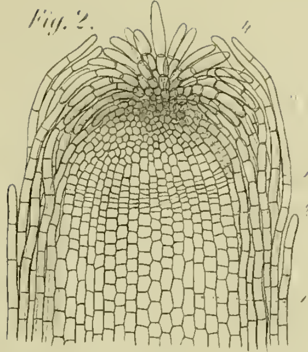
O. Brefeld gez. C. F. Schmidt lith.

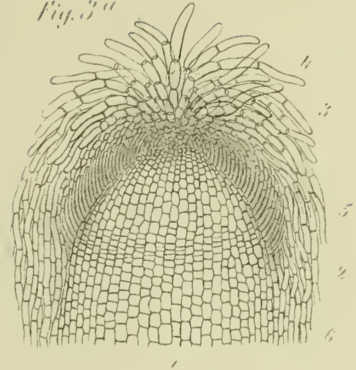
Taf. VI.



O. Brefeld gez. C. F. Schmidt lith.

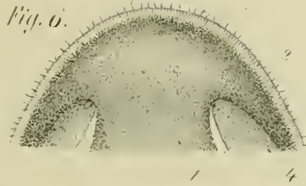


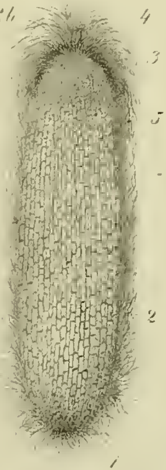


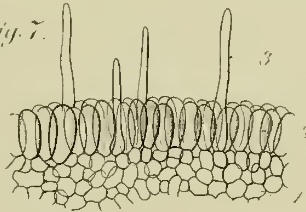


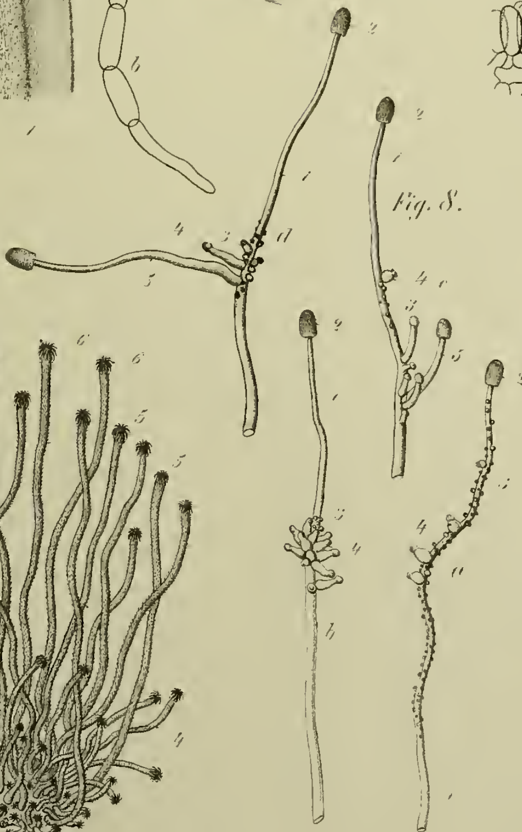


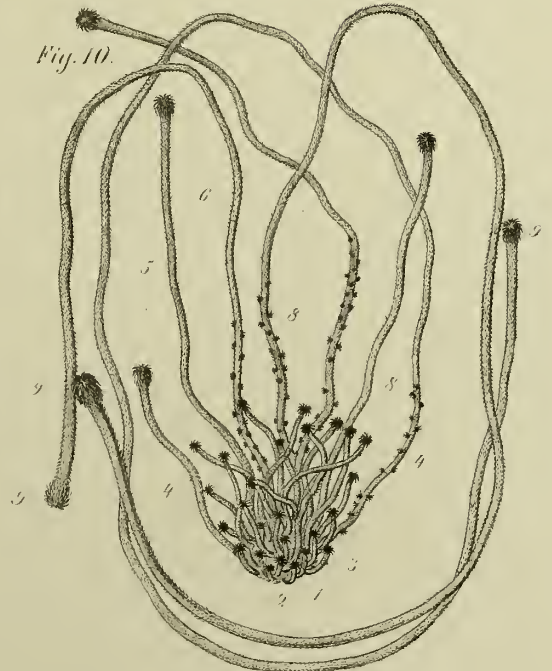


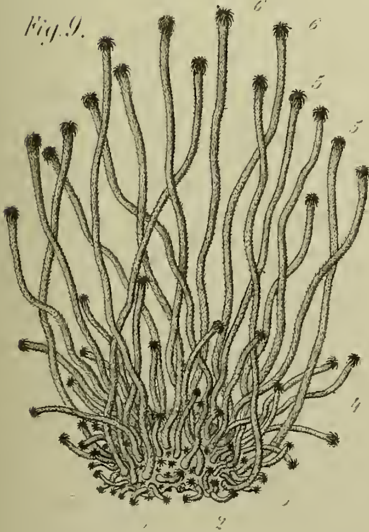






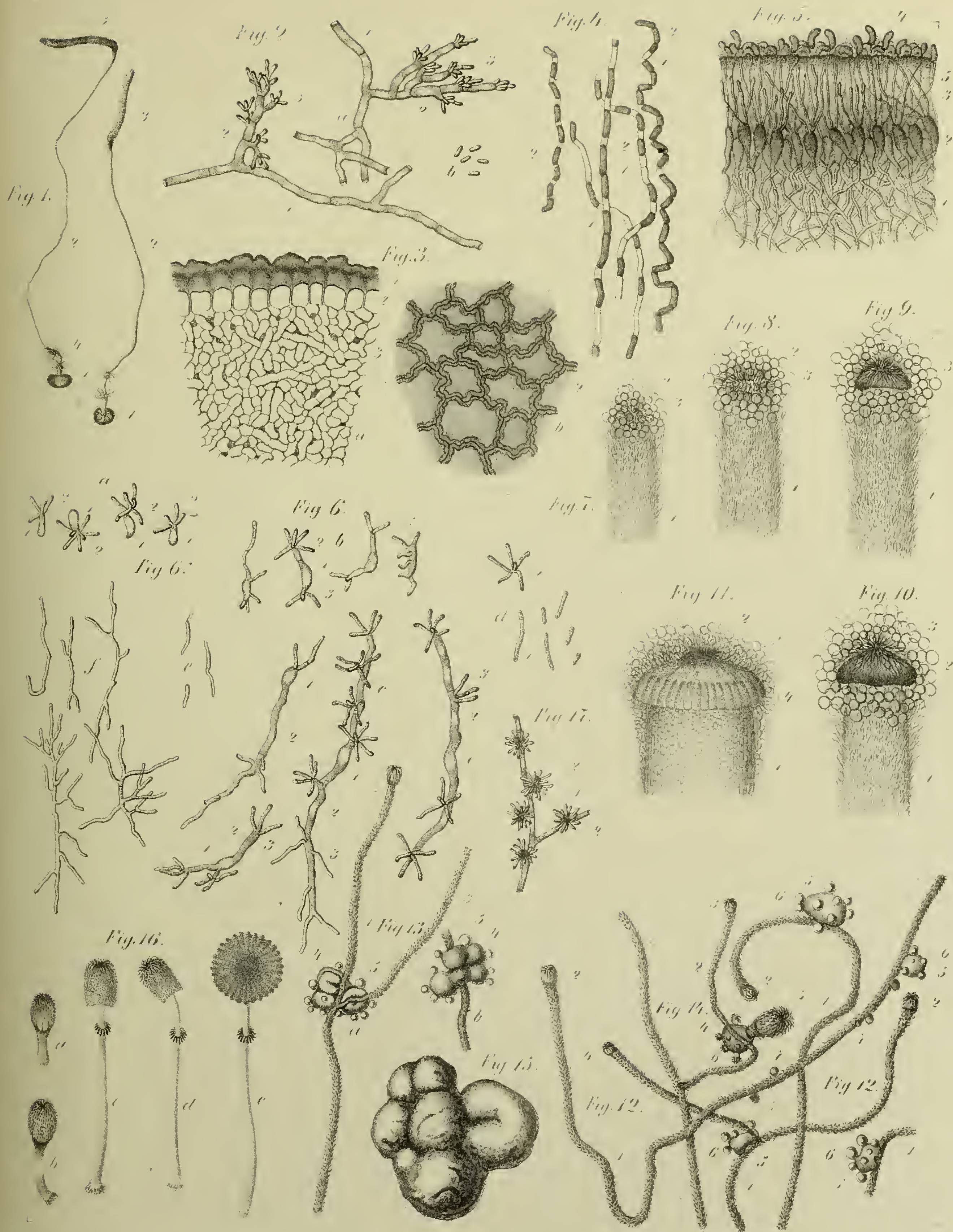






W. Zopf gez.

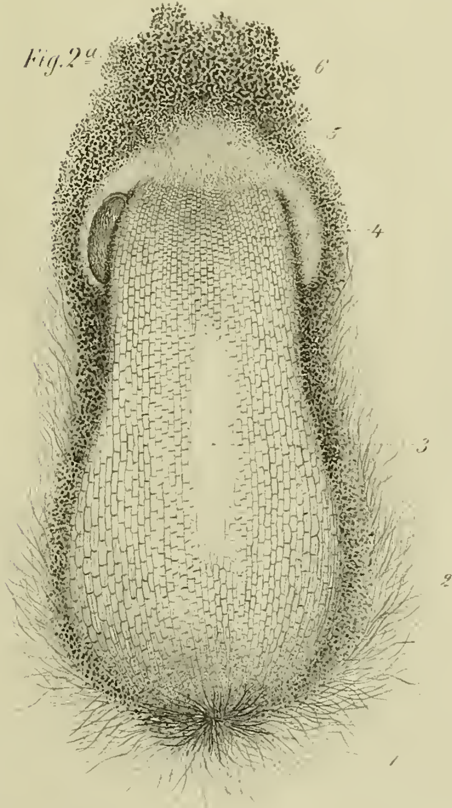
C. F. Schmidt lith.

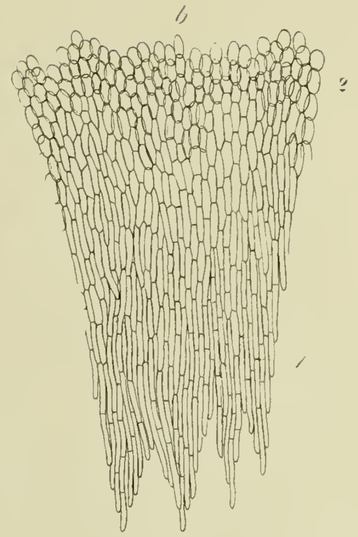


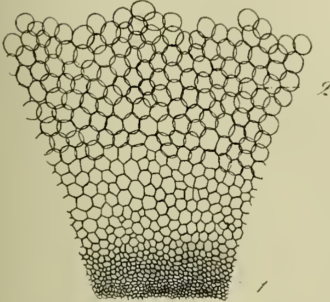
O. Brefeld u. W. Zopf gez. C. F. Schmidt lith.

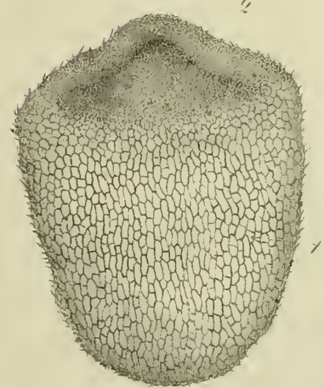
Taf. IX.



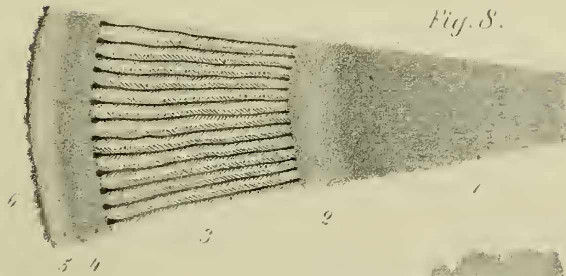


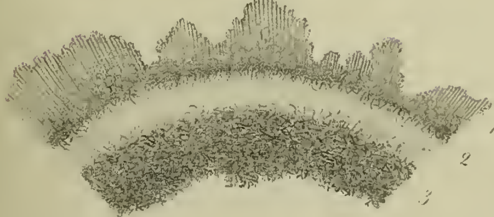


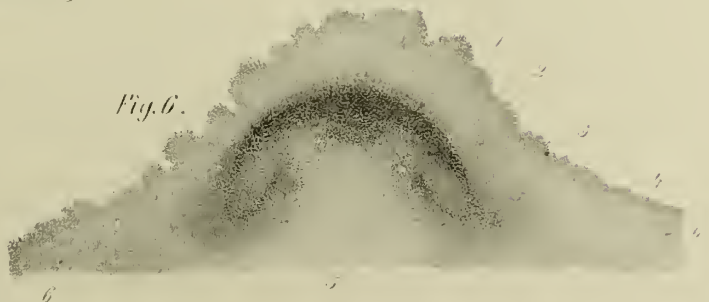






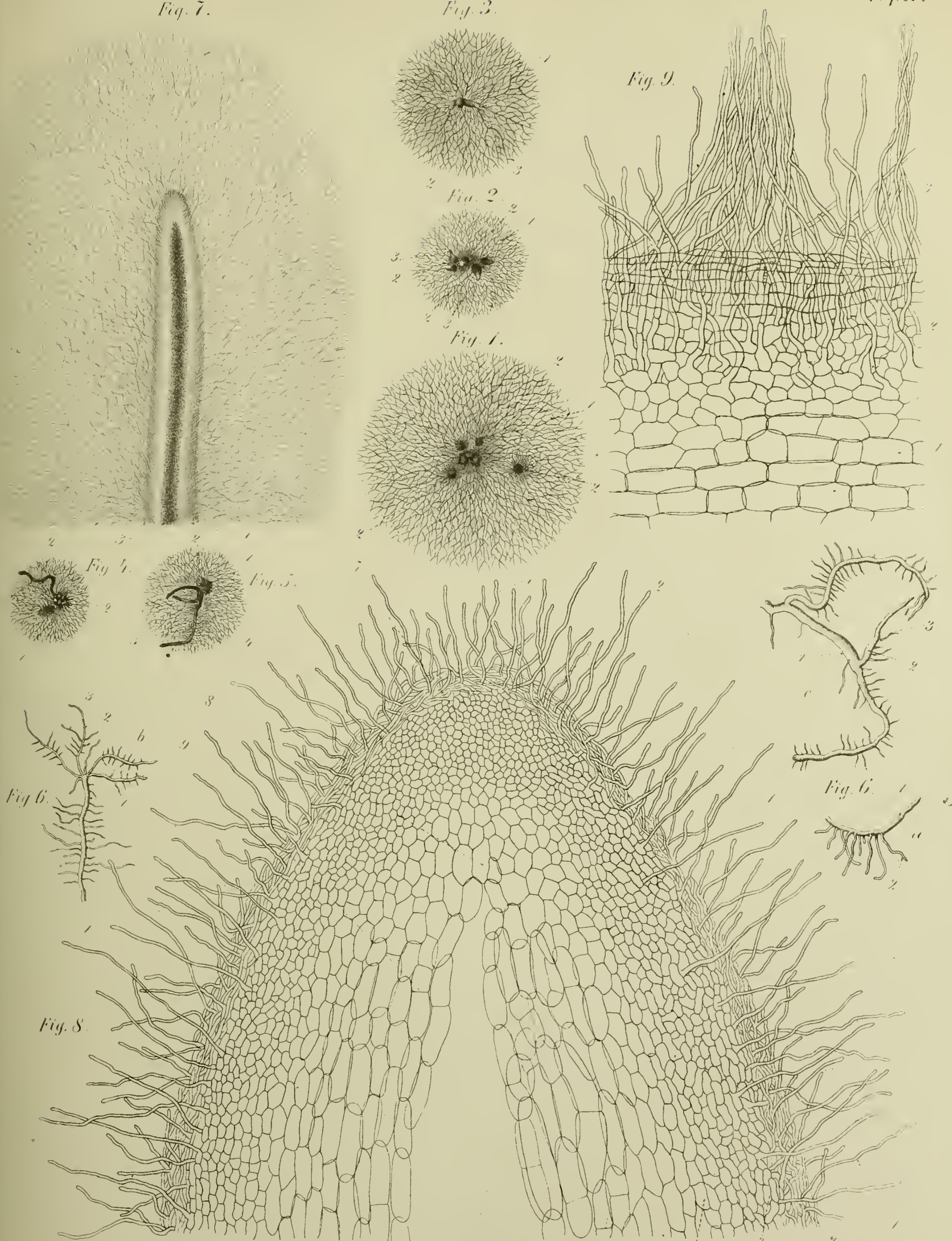




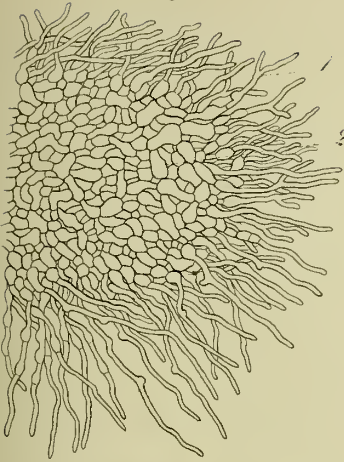


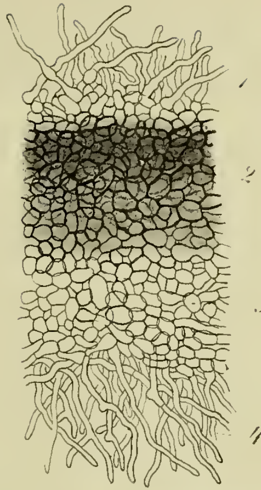
W. Zopf gez.

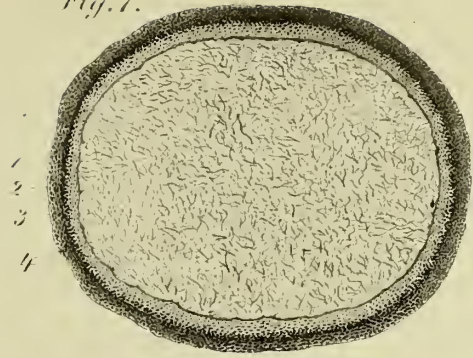
C. F. Schmidt lith.

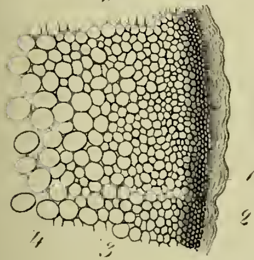


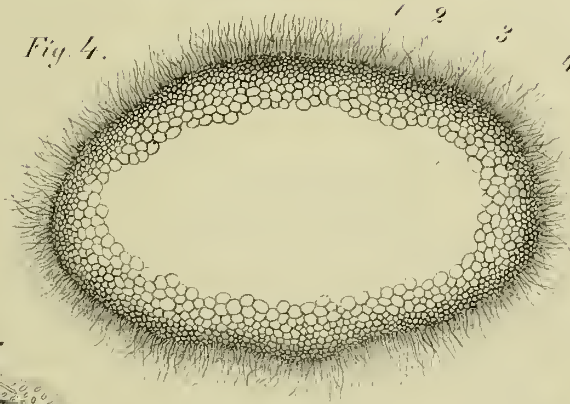
W. Zopf gez. C. F. Schmidt lith.

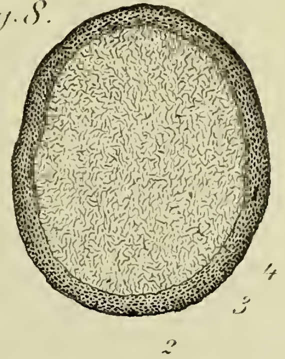


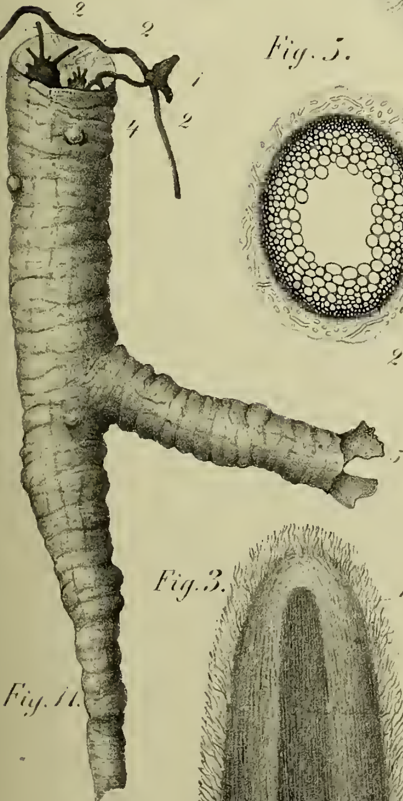


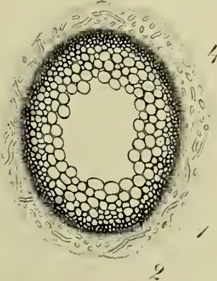


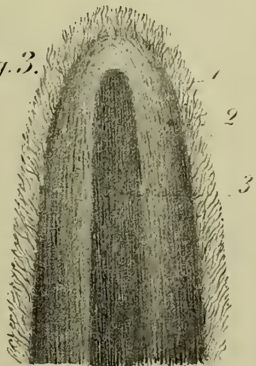




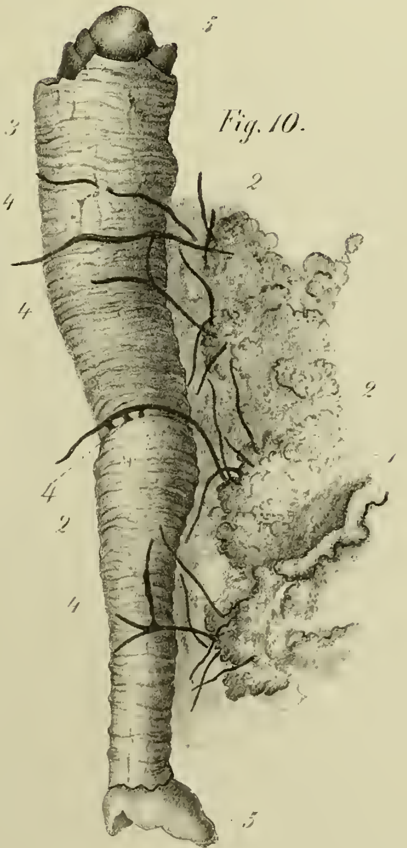












W. Zopf gez. C. F. Schmidt lith.

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE.

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

UNTERSUCHUNGEN AUS DEM GESAMMTGEBIETE DER MYKOLOGIE

VON

DR. OSCAR BREFELD.

IV. Heft:

1. Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze. 2. Bacillus subtilis. 3. Chaetocladium Fresenianum. 4. Pilobolus. 5. Mortierella Rostafinskii. 6. Entomophthora radicans. 7. Peziza tuberosa und P. Sclerotiorum. 8. Pycnis sclerotivora. 9. Weitere Untersuchungen von verschiedenen Ascomyceten. 10. Bemerkungen zur vergleichenden Morphologie der Ascomyceten. 11. Zur vergleichenden Morphologie der Pilze.

Mit 10 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG
VERLAG VON ARTHUR FELIX
1881.

Vorrede.

Die Untersuchungen, welche ich in diesem IV. Hefte der Schimmelpilze zusammengestellt habe, sollten meiner ursprünglichen Absicht gemäss schon vor mehreren Jahren veröffentlicht werden. Aeussere Umstände und Hindernisse, welche stärker waren als mein Wille, haben die eingetretene Verzögerung herbeigeführt und tragen zugleich die Schuld, dass einzelne von den Untersuchungen, namentlich die über Bacterien und über die Ascomyceten, nicht völlig abgeschlossen werden konnten, andere an mehreren Stellen lückenhaft geblieben sind.

Um meine Arbeiten besser fördern zu können, hatte ich im Herbst 1878 meinen ganz unzulänglichen Arbeitsraum in Berlin mit einem anderen bei Berlin vertauscht. Kaum hatte ich hier die anfänglichen Störungen und Abhaltungen, welche eine neue Stellung unvermeidlich mit sich bringt, überwunden und meine Arbeiten fortzusetzen begonnen, als ich durch eine so seltene wie schlimme Augenentzündung für längere Zeit völlig lahm gelegt wurde. — Bei dem forstlichen Tentamen, zu welchem ich als Examinator in der Botanik bestimmt war, wurde ich genöthigt eine Prüfung im Freien abzuhalten und hierbei drei Stunden im kalten Winde und im Regen zu stehen. Die Folge war eine starke Erkältung, welche sich sogleich in einer Entzündung des linken Auges

bemerkbar machte und bei der fast beispiellosen Heftigkeit, womit diese auftrat, schon in wenigen Tagen eine totale Netzhautablösung nach sich zog.

Nach einem längeren Aufenthalte in Italien habe ich dann das Manuscript zu den längst fertigen Tafeln in dem letzten halben Jahre mühsam für den Druck zusammengestellt. Leider hat inzwischen auf mehreren Tafeln die Reinheit der Linien und des Farbentones durch die längere Aufbewahrung der Steine gelitten; in den erst mit dem Drucke des Textes hergestellten Reinabdrücken der Tafeln konnten die Bilder der vortrefflich ausgefallenen Probenummern nicht wieder erreicht werden.

Mit dem gesund gebliebenen Auge werde ich demnächst die verlassenen Arbeiten wieder aufnehmen und in einem fünften Hefte weitere Beobachtungen über die Basidiomyceten bald mittheilen können.

Berlin, im September 1880.

Der Verfasser.

Inhalt.

Einige an der folgenden Seite verzeichnete Berichtigungen des Textes bitte ich nicht zu übersehen.

D. V.

Berichtigungen.

Seite	13	Zeile	25	lies	bei den Spaltpilzen speciell statt bei den Sprosspilzen speciell.
»	24	»	7	»	Nährstoffe statt Nährsäfte.
»	27	»	7	»	»für diese Culturen genügend« als pilzfrei statt als pilzfrei.
»	69	»	12	»	keine bestimmte Form statt eine bestimmte Form.
»	77	»	12	»	Entwicklung statt Entwicklun.
»	148	»	11	»	nicht bloss nicht statt nicht bloss.
»	148	»	12	»	dieser Erscheinung (bei den Pilzen) statt dieser Erscheinung.
»	153	»	6	»	Spermatienträger statt Spermogonienträger.

Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze.

Auf die Bedeutung der Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze habe ich bereits in dem I. Hefte der Schimmelpilze, welches die Entwicklungsgeschichte von 3 typischen Repräsentanten aus der Classe der Zygomyceten in geschlossener und übersichtlicher Darstellung brachte, mit besonderem Nachdrucke hingewiesen. Noch bevor das II. Heft »über Penicillium« erschien, habe ich dann in der medicinisch-physikalischen Gesellschaft in Würzburg[1]) einen Vortrag gehalten über die culturmethodischen Hülfsmittel, welche zur Untersuchung der Pilze mit Vortheil benutzt werden können, eine Mittheilung, welche in etwas ausführlicherer Fassung auch in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern[2]) zur Veröffentlichung kam.

Die Culturmethoden, welche ich an den erwähnten Stellen beschrieben habe, bezogen sich vorzugsweise auf kleinere Pilzformen und namentlich auf Schimmelpilze; über diese hinaus war ihre Anwendung keine völlig zuverlässige mehr. Sie versagten den Dienst einmal nach unten, wo es sich um die kleinsten Pilzformen handelte, Formen, deren Kleinheit in einem seltsamen Contraste steht zu ihrer Bedeutung in physiologischer Hinsicht; das zweite Mal nach oben bei den grössten Pilzen, deren Cultur fast noch mehr Schwierigkeiten zu bieten schien, wie die der kleinen Spaltpilze. Der inzwischen erreichte Fortschritt, der es ermöglicht, die exacte Untersuchung im Wege der Reincultur nach beiden Rich-

---

1) *Brefeld,* Methoden zur Untersuchung der Pilze. Abh. der med.-phys. Gesellsch. in Würzburg 1874.

2) Methoden zur Untersuchung der Pilze. Landw. Jahrbücher IV. Jahrg. 1. Heft.

tungen mit Erfolg auszudehnen, bestimmt mich in Verein mit der lebhaften Theilnahme, welche die ersten Mittheilungen über die Culturmethoden der Pilze in den verschiedensten Kreisen gefunden haben, welche theils mittelbar, theils unmittelbar an den Fortschritten in der Mycologie betheiligt sind, die Methoden zur Cultur und Untersuchung der Pilze in den nunmehr erweiterten Grenzen neu zusammenzufassen und sie in meinen Schimmelpilzen allgemeiner zugänglich zu machen. Indem ich sie den Arbeiten des IV. Heftes vorausschicke, will ich nicht unterlassen auf eine kurze »vorläufige Mittheilung über weitere Culturmethoden der Pilze« bei den naturforschenden Freunden zu Ende des Jahres 1875 hinzuweisen[1]).

Die für eine exacte Untersuchung der Pilze erforderlichen Methoden finden ihren einfachsten Ausdruck in der Aufgabe, den einzelnen Pilz, das Individuum, sei es klein oder gross, von einem einzigen Keime ausgehend schrittweise in allen Phasen seines Lebens bis zurück zum Ausgangspunkte, zu der Spore, zu verfolgen. Die einzelnen Momente seiner Entwicklung, die gesammte Morphologie des Pilzes können hierbei nicht minder Gegenstand der Untersuchung sein, wie physiologische Vorgänge und Erscheinungen, welche etwa mit dem Leben verbunden sind.

Diese Aufgabe ist im Princip keine andere, als wie sie für alle übrigen Pflanzen vorliegt; sie wird nur bei den Pilzen zu einer eigenartigen dadurch, dass hier eine Reihe von secundären Momenten eine Rolle spielen, die anderweit überhaupt nicht oder kaum in Betracht kommen. Diese sind gegeben erstens in der Lebensweise der Pilze und in der Art ihrer Entwicklung, zweitens in anderen mehr oder minder morphologischen Eigenthümlichkeiten z. B. in der geringen Grösse, in der Formausbildung und in der Ausgiebigkeit ihrer Fortpflanzungsorgane und namentlich in deren leichter und weiter Verbreitung, die damit im engsten Zusammenhange steht.

Die Pilze leben in der Natur nicht in durchsichtigen Medien, worin wir die grünen Pflanzen, welche ihnen in morphologischer Beziehung am nächsten stehen, die Algen, fast allgemein antreffen, noch bilden sie, von kleinen Formen abgesehen, einheitlich übersichtliche Pflanzenkörper, welche sich nach Art der

---

1) *Brefeld*, Neue Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze. Abh. der Ges. nat. Fr. in Berlin. December 1875.

höheren Pflanzen in undurchsichtigen Medien auch nur einigermaassen abtrennen und beurtheilen lassen. Es folgt hieraus, dass wir von der morphologischen Gesammtheit eines Pilzes, wie er in der Natur vorkommt, nur eine unvollständige, oft gar keine Vorstellung gewinnen können, wenn wir auch die Beobachtung mit eben so viel Ausdauer, als die Untersuchung mit Vorsicht ausführen. Hierin liegt der natürliche Grund, dass fast alles, was in älteren und auch noch ziemlich neuen mycologischen Werken beschrieben ist, nicht eigentlich Pilze sind, sondern nur Theile von Pilzen, meist Fruchtkörper oder Fruchtträger; und dass die Erforschung und Kenntniss der Pilze im Allgemeinen noch sehr im Argen lag zu einer Zeit, in welcher die Morphologie und Biologie der Algen, deren Erforschung als Bewohner klaren durchsichtigen Wassers der Beobachtung keine Schwierigkeiten entgegenstellte, welche nicht mit einer guten Linse und der nöthigen Geduld zu überwinden waren, bereits einen relativ hohen Grad der Ausbildung erreicht hatten.

Da nun die Pilze in den natürlichen Verhältnissen, in den undurchsichtigen Medien, worin sie leben, der Untersuchung nicht oder nur zum Theil zugänglich sind, so folgt von selbst, dass die Substrate für ihre Entwicklung besonders geschaffen werden müssen, wenn diese in übersichtlicher und zusammenhängender Form erschlossen werden soll. Es liegt der Gedanke dies auszuführen so nahe als möglich, aber die Ausführung selbst hat sich nur langsam vollzogen, und es dürfte nicht ohne Interesse sein, einen Augenblick bei dem Gange dieser Entwicklung zu verweilen.

Tulasne war der erste, der die Cultur der Pilze begonnen hat. Er liess die Sporen in Wasser keimen. Schon in diesem einfachen Verfahren kamen eine Menge interessanter Beobachtungen zu Tage, namentlich bei solchen Pilzsporen, die mit Nährvorräthen für den Dauerzustand und für die spätere Keimung reichlich versehen sind, und bei denen sich in dem Keimungsacte, soweit er aus eigenen Nährmitteln bestritten wird, schon wichtige Lebensabschnitte in verkürzter, gleichsam zusammengedrängter Form vollziehen; hierher gehören die Keimungen von Dauersporen parasitischer Pilze z. B. der Ustilagineen und Aecidiomyceten[1]). *De Bary* ging einen Schritt weiter. Er versuchte schon die

---

[1]) Man vergleiche die bekannten Arbeiten *Tulasne*'s in den Ann. d. scienc. und in seiner Carpologie z. B. Ann. d. sc. 3e Série T. XII, 4e Série T. II.

Entwicklung der Pilze in künstlichen Nährlösungen über die ersten Keimungsstadien hinauszuführen, er versuchte aber namentlich die Keimlinge von parasitischen Pilzen auf den Nährpflanzen weiter zu verfolgen, und hier durch die directe Beobachtung des Eindringens der Keimlinge den Zusammenhang des parasitisch lebenden Pilzes mit den Krankheitserscheinungen der Nährpflanze resp. der Wirthe der Parasiten zu erweisen[1]. — Die künstlichen Culturen, welche *De Bary* nach der ersten Richtung machte, waren primitive. Es gelang ihm weder eigene Irrthümer zu vermeiden, noch die Fehler anderer Mycologen als solche zu erweisen, Fehler, welche eine lange Zeit hindurch auf Grund unexacter Culturversuche nur desshalb Boden gewannen, weil die exacte Methode fehlte, die fehlerhaften Beobachtungen durch richtige zu beseitigen. Die Untersuchung *De Bary's* über den Mucor Mucedo[2], an welcher auch *Woronin* mit geholfen, zugleich die ausführlichste, welche er bei saprophytischen Pilzen gemacht hat, ist, ganz abgesehen von ihrer Unvollständigkeit, nichts wie eine Kette von Irrthümern, welche allein zurückzuführen sind auf die primitiven Culturmethoden, nach welchen er die Untersuchung ausgeführt hat. In Eurotium Aspergillus[3] ist zwar die Entwicklungsgeschichte eine zusammenhängende und richtige; indess statt der Monate mühsamer Arbeit über die Entwicklung der Perithecien, die erst nach wiederholten Anläufen ihr Ende erreichte, hätte bei entwickelter Culturmethode ein einziger Morgen und ein einziges Präparat für die Untersuchung ausgereicht. — Mit der Untersuchung von Dictyostelium[4] habe ich bald nachher die erste Probe der Culturmethoden gegeben, die ich später bei den weiteren Untersuchungen in meinen »Schimmelpilzen« vervollkommnet habe[5].

Die Durchführung geschlossener Entwicklungsgeschichten auch von den höchst differenzirten Pilzformen, die Möglichkeit einer continuirlichen Beobachtung von Spore zu Spore, wobei jeder Irrthum, jede Fehlerquelle ausgeschlossen blei-

---

1) *De Bary*, Die Brandpilze 1853, Neue Untersuchungen über die Uredineen. Monatsberichte der Akademie in Berlin 1865—66, Recherches s. l. champignons parasites. Ann. d. sc. nat. 1863. IV. Série. T. XX.

2) *De Bary* und *Woronin*, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze, II. Reihe, Mucor Mucedo p. 23—24.

3) Beiträge, III. Reihe, Eurotium p. 1—23.

4) *Brefeld*, Dictyostelium mucoroides. Abh. der Senkenberg. Naturf Gesellschaft, Band VII.

5) *Brefeld*, Die früheren Hefte dieser Schimmelpilze.

ben, wird ermöglicht durch die Herstellung künstlicher Nährlösungen, welche vollständig durchsichtig und pilzfrei sind, welche die Mängel des natürlichen Substrates, Undurchsichtigkeit und Unzugänglichkeit für die Beobachtung, ausschliessen, aber doch alle seine Vorzüge für eine üppige Ernährung in sich vereinigen.

Die Herstellung von künstlichen Nährlösungen ist nach dem Vorkommen der Pilze in der Natur meist schon von selbst an die Hand gegeben. Eine Nährlösung, welche diejenigen Substanzen gelöst enthält, die in einem festen Substrate, worauf ein Pilz in der Natur vorkommt, sich finden, wird auch mit aller Wahrscheinlichkeit ein geeignetes Substrat für die Entwicklung des Pilzes abgeben. In sehr vielen Fällen gelingt es, eine solche Nährlösung durch Auskochen des Substrates herzustellen. So ist z. B. der Mist von Kräuter fressenden Thieren vielleicht der ergiebigste Nährboden für die verschiedensten Pilzformen, und ein Decoct, aus frischem Miste bereitet, giebt, wenn es klar und pilzfrei gemacht ist, eine ganz vorzügliche Culturlösung ab, in welcher sehr viele, wohl die meisten Pilze wachsen. Man rührt den Mist mit Wasser zum dicken Breie an und lässt diesen einige Stunden im Dampfbade stehen; in der nach dem Erkalten klar abfiltrirten Flüssigkeit ist die Nährlösung hergestellt. Sie hat nur noch einen Mangel, sie ist auch in diesem Zustande noch nicht pilzfrei. Dies wird sie erst nach längerem Kochen, oder nach wiederholtem Aufkochen in längeren Pausen, oder noch besser und leichter nach eintägigem Aufenthalt in einem Dampfbade. Ist dies geschehen, dann ist das Decoct haltbar, weil es frei von lebenden Pilzkeimen ist; es hält sich unbegrenzte Zeit[1]) hindurch unverändert, wenn ein erneuter Zutritt von Pilzkeimen aus der Luft durch geeigneten Verschluss verhindert wird. — In derselben Art können haltbare Nährlösungen aus süssen Früchten gewonnen werden. In diesen kommen vorzugsweise solche Pilze zur Entwicklung, welche auch in der Natur auf Früchten gefunden werden; dies sind die meisten Schimmelpilze. Um hier die Nährlösungen klar zu gewinnen, zieht man am besten die getrockneten zerschnittenen Früchte z. B. Pflaumen oder Rosinen etc. mit kaltem Wasser aus, und macht dann den

---

[1]) Ich habe Mistdecoct, in dieser Weise bereitet, seit beinahe 6 Jahren aufbewahrt, ohne dass es eine andere Veränderung erfahren hat, als die einer ziemlich starken Nachdunkelung, welche aber in der dünnen Schicht des Culturtropfens von gar keiner Bedeutung für die Anwendung ist.

klar filtrirten Auszug durch Auskochen, wie früher, pilzfrei. Durch Absättigen der freien Säure in diesen Säften mit Ammoniak erhalten sie als Nährlösungen für Pilze eine grössere Verwendbarkeit, da die aus den Früchten stammende Säure für viele Pilze ein Hinderniss der Entwicklung ist. — Sehr bequem erhält man solche fast säurefreie Nährlösungen in der ungegohrenen Bierwürze aus jeder Brauerei; sie ist nur schwer zu klären und bildet ausgekocht neue Niederschläge.

Für den praktischen Gebrauch ist es bequem, die Nährlösungen, im Grossen in Kolben, im Kleinen in Reagensröhrchen auszukochen, welche schon vorher mit einem Glasstabe zum Herausnehmen der Tropfen versehen und mit mehrfacher Lage von Fliesspapier verdeckt sind, oder in kleinen Spritzflaschen, aus denen man leicht einzelne Tropfen entnehmen kann. Es genügt in der Regel ein einmaliges Aufkochen nach jedem Gebrauche, um sie in der Länge der Zeit pilzfrei und klar zu erhalten; auch dieser Mühe ist man überhoben, wenn man zur Aufbewahrung der Culturlösungen besondere mit Hähnen versehene Glasgefässe anwendet. — Bei Fruchtauszügen ist ein Eindampfen der Nährlösungen zur Dicke eines Syrups oder eines Extractes für eine lange Haltbarkeit anzurathen. Durch die Concentration der Nährstoffe werden die Substrate häufig gegen Pilze ganz geschützt; für Mistdecoct trifft dies aber nur dann zu, wenn man es vorher angesäuert hat. Zu dem jedesmaligen Gebrauche können von solchen ohne besondere Vorsicht aufzubewahrenden Extracten beliebige, für die einzelnen Versuche ausreichende Mengen in Wasser aufgelöst und je nach Umständen concentrirt oder in verschiedenem Grade verdünnt ohne Weiteres benutzt werden, sobald sie ausgekocht sind.

Aehnliche Nährlösungen wie aus den verschiedenen Früchten lassen sich durch Auskochen getrockneter Pflanzen oder Pflanzentheile, Heu, Wurzeln, Holz etc. leicht herstellen. — Von künstlich zusammengesetzten Culturflüssigkeiten leistet eine Abkochung von Hefe mit grösserem oder geringerem Zuckerzusatze unter Umständen gute Dienste, ebenso eine ziemlich stark verdünnte Auflösung von Fleischextract mit und ohne Zucker, und endlich Compositionen, welche aus anorganischen und organischen Nährbestandtheilen gemischt und in beliebigen, für den Einzelfall besonders bemessenen Verhältnissen bereitet werden können. Ein lösliches Kohlenhydrat wie Traubenzucker etc., schwefel- oder salpetersaures Ammoniak und Cigarrenasche in Salpeter- oder Citronensäure soweit möglich aufgelöst,

sind z. B. sehr geeignete Ingredienzien für Nährlösungen dieser Art; diese sind, namentlich wenn sie etwas sauer reagiren, für Versuche mit Gährungspilzen allen andern vorzuziehen.

Auf die chemische Beschaffenheit der Nährlösungen, ob sie alkalisch, sauer oder neutral sind, ist ganz besonders zu achten und dabei festzuhalten, dass neutrale oder schwach saure Lösungen für die Cultur der meisten grösseren Pilze am günstigsten sind. Wo es möglich ist, sind immer etwas sauer reagirende Lösungen vorzuziehen, so bei den meisten Schimmelpilzen. In anderen Fällen, z. B. bei den höheren Pilzformen, den Basidiomyceten und anderen, ist es aber häufig gerade die Säure, welche, auch wenn sie spurenhaft vorherrscht, die Entwicklung hindert, sogar nicht einmal eine Keimung der Sporen gestattet.

Mit der Anwendung klarer pilzfreier Nährlösungen, in welchen sich die Untersuchungen der Pilze durch directe Beobachtung mit derselben Leichtigkeit ausführen lassen, als ob sie in dem durchsichtigen Wasser lebten, wird die mycologische Untersuchung gleichsam in eine algologische umgewandelt, d. h. es sind mit den Nährlösungen die Bedingungen für die Entwicklung der Pilze künstlich hergestellt, unter welchen wir die Algen, die meistens das Wasser bewohnen, ohne weiteres natürlich antreffen.

Sobald wir indess mit dem künstlich geschaffenen Hülfsmittel der klaren Nährlösung an die Untersuchung der Pilzformen praktisch herantreten, müssen wir bald die Ueberzeugung gewinnen, dass wir uns im Anfange neuer Schwierigkeiten befinden, und dass von den Hindernissen, welche der Ausführung mycologischer Beobachtungen entgegenstehen, nur erst ein einziges überwunden ist.

Die Untersuchung eines Pilzes im Wege der Cultur setzt weiterhin und zwar in erster Linie voraus, dass bei der Cultur des einen alle übrigen Pilze ausgeschlossen werden. Theoretisch scheint dies zwar leicht, in der Wirklichkeit liegen aber die Dinge anders, und es zeigt sich bald, wie schwer es wird, diese einfachen Voraussetzungen zu erfüllen. Hier liegt der Schwerpunkt mycologischer Untersuchungen, und die Geschichte lehrt, dass gerade hier die meisten Beobachtungen gescheitert sind, die meisten Irrthümer sich in die Untersuchung eingeschlichen haben. Um dies richtig zu verstehen, wird es nothwendig, eine Reihe schon vorhin kurz erwähnter mor-

phologischer und physiologischer Momente eingehender zu berücksichtigen, die den Pilzen vorzugsweise eigenthümlich sind.

Die Pilze sind chlorophyllfreie Pflanzen, welche sich ihre organische Nahrung nicht selbst machen wie die grünen Pflanzen, sondern auf bereits vorhandene organische Substanz hingewiesen sind, welche, mag sie von Pflanzen oder Thieren herrühren, von den grünen Pflanzen ursprünglich abstammt. Das Vorkommen der Pilze in der Natur ist hiernach ein beschränktes. Sie leben dort, wo sie Nahrung finden, und verschwinden wieder, wenn sie verzehrt ist, um sich an anderen günstigeren Stellen neu anzusiedeln. — Die meisten Pilze sind Landpflanzen, wenige leben im Wasser oder amphibisch. Das Wasser besitzt nur dann die Fähigkeit Pilze zu ernähren, wenn es nach unsern Begriffen schmutzig ist, d. h. wenn es organische Substanzen enthält, welche von abgestorbenen Pflanzen oder Thieren herrühren[1]). Als Landpflanzen ist für sie die Atmosphäre das Medium, durch welches sie sich mit ihren Sporen verbreiten. In der Luft sind die verschiedensten Pilzkeime ein Bestandtheil dessen, was man »Staub« nennt. Die von den Entwicklungsheerden oder den erschöpften Standorten durch atmosphärische Einflüsse, namentlich durch Wind, aufgetriebenen Sporen schwimmen als Staub in der Luft, bis sie sich bei Windstille abgesetzt haben, oder durch Regen auf den Boden niedergeschlagen werden. Man braucht nur den Staub zu untersuchen, der an beliebiger Stelle sich gesenkt hat, und man wird Pilzkeime aller Art finden. In dem gefallenen Staube ist die Analyse der Luft auf fixe Bestandtheile resp. Pilzkeime am besten und reinlichsten auszuführen. Man hat auch wohl versucht sie mit Hülfe von Baumwollenpfropfen zu machen, die man als Filter anwendet; aber hier muss man die Pilzkeime unter andern Staubtheilchen erst an der Baumwolle aufsuchen, dort hat man sie im Staube reinlicher ohne sie.

Die grosse Verbreitung der Pilzsporen in und durch die Atmosphäre wäre nun nicht wohl denkbar, wenn sie nicht durch besondere Umstände begünstigt würde, Umstände, welche wieder in morphologischen und biologischen Eigenthümlichkeiten der Pilze begründet sind. — Die Sporen verbreiten sich um so leichter, je kleiner sie sind; und mit je geringerem Stoffauf-

---

[1]) Von parasitischen Pilzen, die auch im Wasser auf Algen und andern Wasserpflanzen leben, soll hier zunächst abgesehen werden.

wande sie von den Pflanzen gebildet werden, um so zahlreicher können sie wiederum erzeugt werden. So finden wir, dass die Kleinheit der Sporen und die grosse Fruchtbarkeit an Sporen bei den Pilzen zu einander und zu der grossen Verbreitung der Sporen in dem engsten Zusammenhange stehen.

Die Sporen sind, wie schon jeder Schimmelpilz und jeder Schwamm aufweist, so klein, dass man sie mit blossem Auge meist einzeln nicht sehen kann, sie können daher auch in der Luft nicht direct wahrgenommen werden. Eben weil dies nicht möglich ist, blieb man so lange in Unkenntniss über das Vorkommen der Pilzsporen in der Atmosphäre, wiewohl eine blosse Erwägung über die natürliche Art der Verbreitung der kleinen Pilzkeime hierüber von vorn herein kaum einen Zweifel bestehen lassen konnte. Die anfangs räthselhaften Erscheinungen über die spontane Gährung in zuckerhaltigen Pflanzensäften, also das Auftreten von Hefe in diesen, die Vorgänge der Fäulniss und ähnlicher Zersetzungen, welche mit dem Auftreten und dem Wirken von Pilzen zusammenhängen, führten allmählich zu dem Verdachte, dass die auftretenden Pilzkeime aus der Luft kommen möchten. Die ausgeführten Analysen der Luft auf Pilzkeime, welche eine Zeit lang eine grosse Rolle spielten, bestätigten durch die Thatsache den Verdacht und widerlegten die so bequeme Hypothese, dass die Keime durch eine Urzeugung entstehen. Sie riefen bald, auf die Luft als eine Fehlerquelle hinweisend, Versuche und Beobachtungen ins Leben, durch welche indirect bewiesen wurde, dass die scheinbar spontan auftretenden Pilzkeime in ganz einfacher und natürlicher Art aus der Luft stammen, indem sie niemals dann auftreten, wenn die Fehlerquelle ausgeschaltet d. h. die Luft nur in filtrirter, von Pilzkeimen befreiter Form zum Zutritt gelangt war.

Mit eben dieser Fehlerquelle nun sind alle mycologischen Untersuchungen behaftet. Es drängen sich bei der Untersuchung eines Pilzes fremde Keime an allen möglichen Stellen in die Cultur ein, sie geben zu Verwechselungen der einen Form mit anderen und zu irrthümlichen Verbindungen verschiedener Pilze als ebensovieler verschiedener Entwicklungsstadien eines einzigen die Veranlassung. Auf anderen Gebieten der Botanik sind Irrthümer dieser Art unbekannt, Verwechselungen von verschiedenen Formen mit einander von vorn herein fast unmöglich. Bei grossen Pflanzen sind sie undenkbar, bei Algen können sie kaum vorkommen, weil diese schon in ihren vegetativen Zuständen

charakteristische Eigenthümlichkeiten besitzen, welche den Pilzen meist abgehen.

Wir wollen nun zunächst in Betracht ziehen, durch welche methodischen Hülfsmittel es gelingen kann, die Culturen rein auszuführen, also fremde Pilzkeime von ihnen auszuschliessen. — Alle Objecte, welche für eine mycologische Untersuchung im Wege der Cultur in Verwendung kommen, sind mycologisch unrein; mögen sie auch noch so sehr gereinigt sein, es hängen doch an ihnen die verschiedensten Pilzkeime, und sie müssen besonders von diesen befreit werden. Es kann dies kaum anders geschehen als dadurch, dass man die Keime durch Hitze tödtet. Wir können nun eine Procedur in diesem Sinne leicht ausführen bei den verschiedenen Utensilien für die Cultur, also z. B. bei Gläsern, Objectträgern, bei Nadeln, Messern, Pincetten etc. und ferner bei den Nährlösungen; wir können sie aber nach zwei Richtungen nicht anwenden, nämlich erstens nicht bei den Pilzsporen, welche zur Aussaat verwendet werden sollen, und zweitens nicht bei der atmosphärischen Luft, welche in den Arbeitsräumen sich findet. An diesen beiden Stellen bleiben die Fehlerquellen für die Einfuhr und das Eindringen fremder Pilzkeime in die Cultur bestehen, und es kann sich nur darum handeln, sie in anderer Weise, nämlich indirect zu beseitigen oder vielmehr auf ein Minimum zu reduciren.

Was zuerst die Reinigung der Utensilien für die Cultur angeht, so ist diese nicht so leicht zu erreichen, wie man wohl meinen mag. Die Siedehitze des Wassers tödtet nicht alle Pilzkeime, diese sind selbst nach einstündigem Kochen noch nicht todt[1]). Um sie umzubringen müssen Verstärkungen über die Siedehitze hinaus benutzt werden. Bei eisernen Utensilien ist ein Ausglühen leicht ausführbar; bei Objectträgern und ähnlichen gläsernen Objecten wie Culturgläsern und Kammern geht dies schlecht oder gar nicht. Man legt sie zur Reinigung in 10 procentige Salzsäure, und brüht sie dann in destillirtem Wasser ab, welches vorher einige Stunden gekocht hat. Ich verwende besondere Behälter, worin ich z. B. die Objectträger und Kammern wochenlang von der einen Cultur bis zur nächsten in verdünnter Salzsäure liegen lasse. Und erst seit ich dies thue, bleiben die Culturen von Spaltpilzen frei; es hat ausserdem

---

[1]) *Brefeld*, Ueber Bacillus p. 11. Vortrag in der Gesellschaft naturf. Freunde am 19. Februar 1878.

den Vortheil, dass sich die Culturlösungen auf der Fläche des Glases leicht ausbreiten, was in Fällen, wo dies nicht geschieht, sehr unbequem werden kann.

Um die Nährlösungen pilzfrei zu machen, wende ich, wie schon angedeutet, ein eintägiges Erhitzen im Dampfbade an. — Die Reagensröhrchen mit Glasstab versehen und doppeltem Fliesspapierverschluss verdeckt, bleiben, je besonders mit den verschiedenen Nährlösungen beschickt, einen Tag in einem besonderen Dampfbade stehen, durch dessen durchlöcherten Deckel sie bis an den Rand eingeführt werden können.

Die atmosphärische Luft in den Arbeitsräumen kann ohne Schwierigkeit auf einen Punkt der Reinheit gebracht werden, wo Störungen durch sie im Laufe der Culturen wenig mehr zu befürchten sind. Die zu vermeidenden Pilzkeime schwimmen als Staub in der Luft. Die Bildung des Staubes wird vornehmlich durch Trockniss und durch Bewegung der Luft begünstigt. Man kann also den Staub nach Möglichkeit dadurch vermeiden, dass man eine Verstäubung durch Trockniss erschwert, also den nach aussen gut abgeschlossenen Culturraum im Innern feucht erhält. Eine beliebige Einrichtung, den Arbeitsraum und namentlich den Fussboden häufig mit nassen Lappen zu reinigen, leistet hierfür schon wesentliche Dienste. Je weniger anderweit in diesem Raume verkehrt wird, je ausschliesslicher er den speciellen Zwecken der Pilzculturen dient, je grössere Reinlichkeit man beobachtet, um so mehr wird die Bildung des Staubes im Innern und das Eindringen desselben von Aussen vermieden werden können. In einem besonders ausgewählten und mit zweckmässigen Einrichtungen und Vorkehrungen den Staub zu beseitigen und seine Bildung im Innern zu verhüten versehenen Raume, kann es nicht schwer fallen, die Luft fast ganz pilzfrei zu erhalten, und so die grosse Fehlerquelle einer unreinen Atmosphäre bei den Pilzculturen nahezu auszuschalten.

Der Gewinnung eines möglichst reinen Sporenmateriales zur Aussaat, zum Ausgangspunkte für die Culturen, müssen wir unsere Aufmerksamkeit etwas specieller zuwenden. — Bei Pilzen mit grossen Fruchtkörpern sind die Sporen leicht rein zu gewinnen. Sie werden in den meisten Fällen in geschlossenen Behältern gebildet, vielfach sogar abgeworfen oder gar mit einiger Kraft ejaculirt, und diese Sporen, wenn sie in einem reinen Raume auf reinen Object-

trägern oder Uhrgläsern aufgefangen oder in Papierkapseln eingesammelt werden, welche einen Tag lang in einem auf 150° erhitzten Raume gelegen haben, sind so rein, als man sie nur wünschen kann. — Ebenso ist von grösseren Fadenpilzen, welche ihre Sporen in Sporangien bilden, ein reines Culturmaterial in diesen Sporangien leicht zu erhalten. — Bei kleinen Schimmelformen, welche ihre Sporen abschnüren, ist die Sache schon etwas schwieriger, namentlich dann, wenn mehrere Formen durcheinander wachsen. Das hier entnommene Sporenmaterial ist nicht rein. Um es rein zu gewinnen stellt man am besten eine Reihe von Culturen an auf einem festen pilzfreien Substrate, welches zur Ernährung geeignet ist; ich komme später hierauf zurück. Der Regel nach hat man in diesem Wege, wofern die Culturen in einem reinen Raume ausgeführt werden, schon mit der 3. oder 4. Cultur ein Material zur Aussaat, wie man es sich reiner nicht wünschen kann. — Gehen wir von den kleinen Schimmelpilzen weiter zu den einzelligen Formen der Spross- und Spaltpilze, so ist die Reingewinnung der Formen nur in weiteren Umwegen möglich. — Bei den Sprosspilzen (und ebenso auch bei den Fadenpilzen) geht es noch häufig an, die einzelnen Keime direct zu isoliren und mit diesen die Culturen für reines Material zu beginnen. Durch Mischen der Keime mit Wasser bis zu einem Grade, dass in einer bestimmten Menge meist kein einziger oder auch nur ein einziger Keim vorhanden ist, lässt sich die Trennung in einzelne Keime bis zu den kleinsten Formen ohne eine directe Beobachtung empirisch durchführen[1]). Wo aber diese Art der Trennung aus anderen Gründen nicht angewendet werden soll, dort müssen wieder secundäre Momente zu Hülfe genommen werden, welche sich aus der abweichenden Lebensweise und aus anderen morphologischen und physiologischen Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Formen herleiten lassen. So leben die Kahmpilze vorzugsweise an der Oberfläche der Nährlösungen, während die Gährung erregende Hefe in ihnen vegetirt. Hierdurch gelingt schon eine Sonderung, welche in weiteren Culturen fortgesetzt zu immer reinerem Materiale führt. — Die chemische Beschaffenheit der Nährlösung, ob sauer oder neutral und ihre Zusammensetzung spielt weiter eine Rolle, indem die eine Form diese,

[1]) Es setzt diese Methode der Trennung eine vollkommen gleichmässige Vertheilung der einzelnen Keime in der Flüssigkeit voraus. Diese ist nicht immer leicht zu erreichen und so können sich, wenn man nicht sehr vorsichtig und kritisch zu Werke geht, leicht mehrere und damit fremde Keime in die Culturen einschleichen.

die andere jene Art der Nährlösung vorzieht, oder besser verträgt und durch den Vorsprung in der Vermehrung in weiteren Culturen zur alleinigen Herrschaft gelangt. — Abgesehen von der Beeinflussung der chemischen Beschaffenheit der Substrate auf die Entwicklung der verschiedenen Formen ist aber eine mehr oder minder grosse Verschiedenheit in der Schnelligkeit des Wachsthums den einzelnen Formen für sich eigen. Durch längere Reinculturen werden daher die Formen mit schnellerem Wachsthum die übrigen völlig verdrängen und zur idealen Reinheit gelangen müssen. — In der verschiedenen Fähigkeit dieser kleinen Formen bald nur vom freien Sauerstoff der Luft zu leben, bald ohne freien Sauerstoff die Kräfte zum Leben aus der Zersetzungswärme hoch zusammengesetzter Verbindungen, welche sie spalten, zu entnehmen, liegt ein ferneres Mittel für die Trennung der Formen. Durch dieses Mittel ist z. B. die Alkoholhefe, die unentbehrliche Culturpflanze für unsere Gährungsfabriken in consecutiven Culturreihen im Grossen selbst zu einer fast vollkommenen Reinheit gediehen. Sie vermehrt sich ohne Luftzutritt in der sauren Mostflüssigkeit schliesslich fast allein, die anderen mit den Trauben zugleich eingeführten Keime vertragen die Säure des Substrates nicht so gut oder gar nicht und treten in Folge dessen in der Vermehrung gegen die Hefe, welche weiterhin den Zucker zersetzend ohne Luft lebt, bald sehr weit zurück und verschwinden in laufenden Culturen völlig. — Für die Trennung der Spaltpilze gilt dasselbe, was ich eben für die Formen der Sprosspilze im allgemeinen und für die Alkoholhefe specieller ausgeführt habe. Abgesehen von der Isolirung einzelner Keime durch Verdünnung mit Wasser können auch hier verschiedene Lebensweise und anderweite physiologische Momente in mannichfacher Art zur Trennung der Formen benutzt werden. Aber bei den Sprosspilzen speciell kommt noch ein anderes Trennungsmittel hinzu, nämlich die ganz verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse, namentlich gegen die Hitze. Es gibt hier Formen, welche die Siedehitze leicht ertragen, wenn sie Sporen gebildet haben, andere hingegen, welche sie nicht ertragen können; nur die ersteren entwickeln sich in ausgekochten Nährlösungen, während die anderen durch Kochen getödtet werden.

Macht man nur von den hier hervorgehobenen Einzelheiten einen zutreffenden Gebrauch, so fällt es schon nicht schwer die Trennung selbst der kleinsten Formen durchzuführen, und ein reines Culturmaterial zu gewinnen. Dieses lässt sich in reinen Papierkapseln an einem trocknen Orte für längere Zeit leicht

aufbewahren, die Sporen behalten ihre Keimkraft häufig auf Jahre[1]) hinaus (z. B. beim Aspergillus über 6 Jahre, Schimmelpilze III. Heft pag. 26 Anmerk. 2). Wenn sie durch längeres Aufbewahren in der Keimkraft geschwächt sind, so keimen sie bei der Cultur langsamer, oft erst nach einigen Wochen aus; dies ist sowohl für die Beurtheilung der Keimdauer wie für die Verwendung der Sporen als Culturmaterial nicht ausser Acht zu lassen.

Nunmehr bleibt noch die Aufgabe zu lösen übrig, die Untersuchung der Entwicklungsgeschichte von einem einzigen Keime ausgehend mit den reinen Nährlösungen, den reinen Utensilien und dem reinen Sporenmateriale in der Art einzuleiten und durchzuführen, dass jede Störung vermieden und eine ununterbrochene Beobachtung möglich wird.

Die Isolirung eines einzelnen Keimes für die Cultur hat bei reinem Materiale keine Schwierigkeit und lässt sich bis hinab zu den kleinsten Pilzformen leicht realisiren. Man nimmt eine kleine Partie des Materiales und mischt sie gleichförmig mit reinem Wasser. Wo diese Procedur z. B. bei abgeschnürten Conidien auf Hindernisse stösst, wo die trockenen Sporen schwer benetzt werden und sich darum nicht vertheilen lassen, da braucht man sie nur eine Zeit lang in einer feuchten Kammer zu belassen, und dann in einem Röhrchen mit Wasser stark zu schütteln, dann sind sie alle benetzt und gleichmässig vertheilt. Hat man sich hiervon überzeugt, so verdünnt man die Mischung mit so viel Wasser, bis in einer mit einer lanzettförmigen Nadelspitze herausgenommenen Probe nur ein Keim sich vorfindet. Den Tröpfchen, die man auf die reinen Objectträger übertragen hat, setzt man, sobald man sich von der Anwesenheit einer Spore in ihnen mit dem Mikroskop überzeugt hat, einen oder zwei Tropfen reiner Nährlösung zu, wie sie für die Entwicklung des Pilzes jeweils geeignet ist. — Bei Sporen, welche gross genug und der Form nach deutlich kennbar sind, ist dieser Modus der Aussaat einer Spore mit Vortheil anzuwenden; er versagt aber den Dienst, wenn die Sporen klein und in der Form nicht charakteristisch sind. In solchen Fällen ist ein Kunstgriff mit Vortheil anzuwenden, der sehr nahe liegt.

---

[1]) Hiervon machen viele Sporen von »Parasiten im engsten Sinne«, auf die ich später zurückkomme, eine Ausnahme, ebenso manche Fruchtbildungen und vegetative Dauerzustände von diesen Pilzen, welche immer in der nächsten Vegetationsperiode auskeimen, z. B. Mutterkorn, dessen Keimkraft verloren ist, wenn es bis zum März des folgenden Jahres trocken aufbewahrt wird.

Die meisten Sporen vergrössern sich mit eintretender Keimung um das mehrfache des Volums. Sobald dieser Zustand eingetreten, ist das Object genugsam gross und kenntlich, um einen Keim mit Sicherheit auszusäen. Man nimmt also statt Wasser Nährlösung, die Keime zu vertheilen, worin die Benetzung meist noch leichter sich vollzieht als in reinem Wasser, wartet das erste Keimungsstadium der Sporen ab und leitet erst dann die Aussaat ein. Es bleibt aber hierbei zu beachten, dass man es mit einem zarten Objecte zu thun hat, dass schon die Anwendung einer etwas concentrirteren Nährlösung, als die war, worin man die Keimung einleitete, ausreicht, den Keimling zu tödten.

Die Culturen auf Objectträgern sind bei allen Fadenpilzen anwendbar. Man placirt sie auf einer kleinen Leiter von Zinkblechstreifen und schliesst sie auf einem Teller mit einer Glocke bedeckt durch Wasser ab. Der Teller ist ohne Rand, die Glocke nicht grösser zu wählen, als dass sie eben die Zinkleiter umgreift. Um den Raum völlig dunstgesättigt zu erhalten, bläst man das Innere der Glocke mit einem Pulverisator voll kleiner Tröpfchen. Die Culturen können in Zwischenräumen von einigen Stunden besehen werden, oder es kann, wenn man eine Anzahl angesetzt hat, für jede Beobachtung eine von ihnen geopfert werden, um die einzelnen Entwicklungsstadien genügend zu fixiren.

Natürlicher Weise reichen solche Culturen für eine ununterbrochene Beobachtung nicht aus. Es verdunstet der Culturtropfen und der Keimling stirbt ab; dazu ist bei offenen Objectträgern die Invasion fremder Keime aus der Luft, auch wenn sie verhältnissmässig rein ist, in der Länge der Zeit kaum auszuschliessen. — Um die Verdunstung zu verhindern, kann man die Nährlösungen mit Caraghen oder Gelatine in der Art versetzen, dass sie, bei 30—35 Grad noch flüssig, bis 15 Grad abgekühlt, fest werden. In diesen gelatinirten Lösungen wachsen die Pilze wie in dünner Flüssigkeit, ihre Entwicklung ist eher begünstigt als geschädigt. Man kann die Culturen ohne Gefahr umdrehen, um zu hindern, dass fremde Keime einfallen; und wenn man sie auf Deckgläsern ausführt, kann man sie umgekehrt auch mit starken Vergrösserungen besehen.

Will man die gelatinirten Nährlösungen vermeiden, dann muss man zu besonderen Objectträgern seine Zuflucht nehmen, in welchen die Verdunstung der Nährlösungen und die Invasion fremder Keime unmöglich ist, ohne dass

dadurch die Möglichkeit einer continuirlichen Beobachtung im mindesten beeinträchtigt wird.

Die primitivsten Objectträger solcher Art sind diejenigen, bei welchen man in hängenden Tropfen beobachtet. Wer mit ihnen arbeitet, wird bald die Reihe der Uebelstände erkennen, die sich hier geltend machen. Der Culturtropfen kann nur klein genommen werden, sonst läuft er zum Tropfen zusammen, er schwankt bei der geringsten Bewegung, die Keimspore verändert ihre Lage und ist mit starken Vergrösserungen kaum zugänglich; dabei machen sich an dem weiter entwickelten Keimlinge Schwerkraftskrümmungen bemerkbar, — kurz die Beobachtung ist mühsam und unvollkommen, auch dann, wenn man gelatinirte Nährlösungen anwendet. Den Apparat, in hängenden Tropfen zu beobachten, gibt jeder Objectträger ab, auf den man einen beiderseits glatt geschliffenen Glasring legt und mit einem Deckglase mit Culturtropfen und Keimling überdeckt (Fig. 1). Ist der Glasring angekittet, so kann man etwas Wasser hineingeben; besser aber ist es einen Ring mit seitlich eingeschmolzenen Zu- und Ableitungsröhren für feuchte Luft anzuwenden oder gar eine Kammer zu benutzen, die in der mittleren Verbreitung und Vertiefung Wasser enthält und in den eingeschlossenen Leitungsröhren eine continuirliche Durchleitung von feuchter Luft gestattet (Fig. 2). — Aber auch Apparate dieser Art, so leicht und gut sie für Culturen von Algen zu brauchen sind, leisten bei mycologischen Beobachtungen nur wenig Dienste, wenn auch schon weit bessere, wie ein von *de Bary* angegebener Apparat, der aus einer dicken Glasplatte mit kreisförmiger tiefer Rinne besteht, in welche der krumme Rand eines Deckels von Deckglasdicke übergreift; in dem Zwischenraume zwischen der Glasplatte und dem Deckel, den man in der Rinne mit Wasser oder Quecksilber absperrt, während man durch eingeschmolzene Leitungsröhren Luft einleiten kann, sollen hier die Beobachtungen ausgeführt werden.

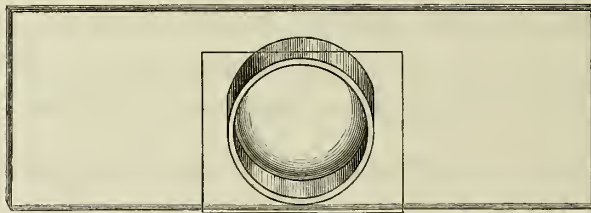


Fig. 1.

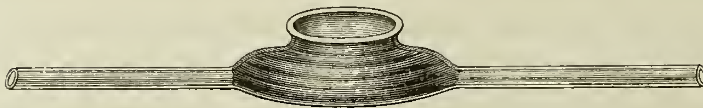


Fig. 2.

Zweckmässiger als die angeführten Apparate sind die Kammern von *v. Recklinghausen*, die von *Geissler* in Berlin angefertigt werden. Ein Zu- und Ableitungsrohr führt zu einem mittleren runden Kammerraum aus deckglasdickem Glase, der an einer Seite flach, an der andern so weit vertieft ist, dass die Ober- und Unterseite in der Mitte an einer Stelle sich fast berühren, und dass an dieser ein capillarer Tropfen hängen bleibt, wenn man die Kammer voll Wasser saugt und dieses dann ausfliessen lässt. Man kann je nach dem Bedürfnisse den Kammerraum gross oder sehr klein machen, und ebenso eine beliebige Variation in den Dimensionen des Raumes für den capillaren Tropfen eintreten lassen (Fig. 3 *b*—*c*). Wendet man nun statt Wasser eine mit Pilzkeimen beschickte

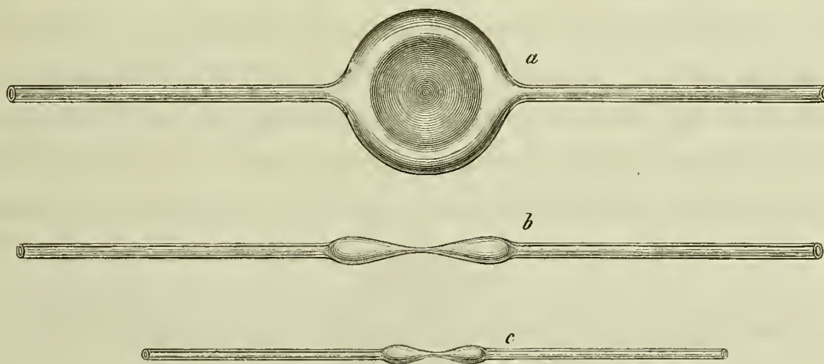


Fig. 3.

Nährlösung für die reine Kammer an, so ist es nicht schwer, nach einigen Proben die Zahl der Sporen oder Keime durch weiteren Zusatz an Nährlösung so zu bemessen, dass schliesslich nach der Entleerung in dem capillaren Tropfen nur eine Spore oder Keim zurückbleibt, der nun zum Gegenstande der Beobachtung gemacht wird. Von der flachen Seite aus ist der Keimling mit den stärksten Linsen zu erreichen.

Aber auch diese Kammern sind nicht für alle Fälle ausreichend. Schon dann wenn man einzellige Pilze, namentlich aber Spaltpilze bis zu den kleinsten Formen verfolgen will, stösst man auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Die kleinen Zellen lassen sich mit den starken Linsen, mit denen man sie allein sehen kann, nicht fixiren, sie verschieben sich in dem capillaren Tropfen ohne Unterlass, und man überzeugt sich bald, dass hier die Dienstleistung der Kammer zu Ende geht. Der capillare Tropfen ist zu tief, die

Masse der Flüssigkeit zu gross, daher kommen die Bewegungen bei den geringsten Einflüssen, die gar nicht zu vermeiden sind, während man beobachtet, die aber schon ausreichen eine Verschiebung des eingestellten Keimes zu veranlassen. Die Keime müssen fixirt werden, indem man die Menge der umgebenden Nährlösung so reducirt, dass die Bewegungen minimale werden, dass aber die Menge der umgebenden Nährlösung doch ausreicht für den Keim, um seine volle Entwicklung zurückzulegen. Dies erreicht man nur in dünnen Flüssigkeitsüberzügen. Um sie auf der Innenwand der Kammer herzustellen, so dass die stärksten Linsen heranreichen, muss man andere kleine Kammern anwenden, die keinen capillaren Raum haben, die von dem dünnsten Glase in Deckglasdicke gemacht so flach auf beiden Seiten sind, dass innen ein gleichmässiger Ueberzug entsteht und dass auf der glatten gleichmässig dicken Fläche die Fixirung eines Keimes mit starken Trockensystemen tagelang ohne Störung möglich wird. Es ist rathsam den Kammerraum nicht grösser zu nehmen, als es nach der technischen Herstellung der Kammer eben nöthig ist (Fig. 4 *a*—*c*). Man saugt die

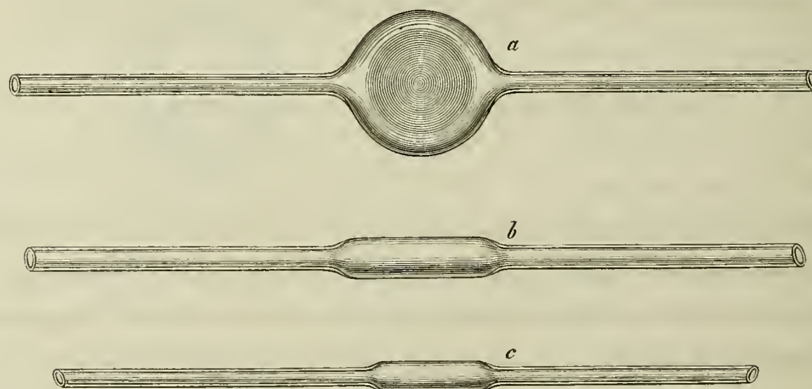


Fig. 4.

reinen Kammern voll, lässt ausfliessen und stellt die einzelnen, auf den Innenwänden in dem dünnen Ueberzuge von Nährlösung haften gebliebenen Keime ein. Die Menge der Keime, die man den Nährlösungen zumischt, kann hier weit zahlreicher sein, es bedarf keiner vorherigen Proben ihre Menge zu bestimmen, ebenso wenig bedarf es langen Suchens, sie auf den Wänden zu finden. Es gelang mir so ohne alle Mühe die Keime von Bacillus und von anderen Bacterien für unbegrenzte Zeit zu beobachten und hier geschlossene Entwicklungsreihen

herzustellen, wie bei grösseren Pilzen[1]). Dabei ist es auf das leichteste möglich die Zeitdauer zu ermitteln, welche für die Wachsthums- und Theilungsvorgänge und schliesslich für den Kreislauf der Entwicklung von Spore zu Spore nöthig ist.

Die Anwendbarkeit dieser Kammern für die Untersuchung der Spaltpilze reicht bis zu den kleinsten Formen hinab, die überhaupt noch mit den stärksten Trockensystemen der Beobachtung zugänglich sind. Für die praktische Benutzung ist ein besonderer Werth auf die völlige Reinheit der Kammern zu legen, ohne welche eine gleichmässige Benetzung ihrer Innenwand und durch sie ein gleichmässig dünner Flüssigkeitsüberzug nicht zu erreichen ist. Man reinigt sie zunächst durch längeres Aufbewahren in verdünnter Salzsäure, stellt sie dann in Aether, um die Innenfläche ganz zu entfetten und spült sie endlich in ausgekochtem destillirtem Wasser ab. Nach dieser Behandlung erhält man die gleichmässigsten Ueberzüge, so weit sie möglich sind. Will man sie noch dünner machen, als sie nach dem Ausfliessenlassen sich von selbst herstellen, so genügt es, etwas trockene und durch einen langen Baumwollenpfropfen pilzfrei gemachte Luft durchzusaugen.

Die beschriebenen Kammern vereinigen alle Vorzüge der *von Recklinghausen*'schen, beseitigen aber deren Mängel. Sie leisten für physiologische Versuche, wo es sich darum handelt, das etwaige Wachsthum ohne Sauerstoffzutritt zu beobachten, also die Luft in der Kammer durch andere Gase zu ersetzen, die keinen freien Sauerstoff beigemengt haben, ganz dieselben Dienste. Sie sind ferner (abgesehen von der Untersuchung von Spaltpilzen, für welche sie allein verwendbar sind) zugleich bequemer und angenehmer als die älteren Kammern für die Beobachtung von Hefepilzen und von nicht gar zu grossen Schimmelformen, die vorzüglich darin wachsen. Indem ich auf ihre weitere Verwendung für Keimungsversuche mit kleinen Fruchtkörpern, welche in Wasser keimen, aber erst nach wochen- oft monatelanger gleichmässiger Befeuchtung, auf eine spätere Stelle verweise, will ich noch eine besondere Nutzanwendung der Kammern hier anführen. — Es gibt viele Pilzsporen, welche in keiner Nährlösung zum Auskeimen zu bringen sind, für deren Keimung nicht die Nährlösung in ihrer Zusammensetzung allein maassgebend ist, sondern noch ein anderer Factor mitwirken muss, nämlich die Wärme. Die Sporen von manchen Pilobolus-

[1]) *Brefeld,* Ueber Bacillus l. c. in den Abh. der Ges. naturf. Freunde in Berlin.

Arten, von Ascobolus, von Cyathus und vielen anderen Basidiomyceten keimen nur dann aus, wenn eine Wärme von 35—40° einwirkt. Um nun die Wärme für die Auskeimung der Sporen wirksam zu machen, ohne zugleich durch eine Verdunstung der Nährlösung und anderweite Störungen die Keim- oder Entwicklungsbedingungen zu verändern, kann man nur allein die Kammern benutzen, welche eine lange Zeit ohne alle Störung in einem feuchten warmen Orte gehalten werden können[1].

Die hier ausführlich beschriebenen Einzelheiten für die Untersuchung der Pilze, resp. für die Cultur der Pilze, ohne welche die Untersuchung nicht zu machen ist, mögen dem Unbefangenen umständlich und zeitraubend erscheinen, sie sind aber nicht zu umgehen, wenn Fehler vermieden werden sollen. Und gerade das, was hier aus der Ferne mühevoll und weitläufig scheint, eben das macht sich im Laufe der Arbeit als eine ungeahnte Erleichterung geltend. Trifft man die Vorbereitungen für die Culturen nicht für den einzelnen Fall, sondern ein für allemal für mycologische Untersuchungen, so verschwinden die Umstände und es zeigt sich, das es unverhältnissmässig leichter und schneller geht, reine Culturen zu machen, als im andern Falle die schmutzigen in Scene zu setzen.

Für die mycologischen Culturen speciell fällt nun hier noch ein Umstand schwer ins Gewicht, der jeden Zeitverlust bei der Vorbereitung wieder ausgleicht. Dies ist die rapide Entwicklung der Pilze, worin sie fast ohne Beispiel dastehen. Die Culturen dauern meistens nur eine kurze Frist, eine Woche ist schon lange Zeit, und Fälle, wo mehrere Wochen, sogar Monate vergehen bis zu ihrem Ablaufe, sind jedenfalls nicht häufig. Die Schnelligkeit, womit das Resultat gewonnen wird, entschädigt vollauf für die vielleicht etwas grössere Mühe der Vorbereitung; und eben diese Schnelligkeit der Entwicklung, die den Pilzen vorzugsweise eigen ist, vermag den Werth dieser Vorbereitung, die Unvermeidlichkeit der mancherlei Umstände bei Pilzculturen erst recht ins helle Licht zu stellen. Wozu wäre es wohl nothwendig, den einzelnen Keim zu beobachten in lückenlosem Entwicklungsgange, wozu nothwendig mit soviel Weitläufigkeiten alle fremden Keime von der Cultur abzuschliessen, wenn nicht in der rapiden Entwicklung der Keime die Gefahr gegeben wäre, die einen, welche

---

[1]) Ueber die Versuche, welche ich in dieser Art mit bestem Erfolge schon ausgeführt habe, werde ich in einem späteren Hefte berichten, sobald sie weiter vervollständigt sind.

sich als Fehler eingeschlichen haben, mit andern, welche man zu cultiviren vermeint, ganz zu verwechseln, statt des ausgesäeten beliebige andere Pilze zu ernten, deren Keime sich eingefunden und durch ihre schnellere Entwicklung in dem mehr zusagenden Nährboden den ausgesäeten Keim ganz verdrängt haben. Vorkommnisse dieser Art sind nicht bloss häufige, sie sind Regel bei unreinlichen Culturen, bei welchen etwas anderes als Verwechselungen von Pilzen nicht herauskommen kann. Penicillium und Mucor, Hefe und Spaltpilze sind der unvermeidliche Abschluss aller schmutzigen Culturen. Ihre allverbreiteten Keime drängen sich als eine Fehlerquelle ein, wenn man nicht alle die Vorsicht anwendet, auf die ich hingewiesen habe. Sie vereiteln jede Cultur, indem sie vermöge ihrer leichten Accommodation an lebendige Nährsubstrate und ihrer rapiden Entwicklung in den Nährlösungen Alles andere bald überwuchern und ganz verdrängen. Bei anderen Pflanzenformen z. B. den Algen hat es niemals Verwandtschaftsscalen gegeben, wie sie auf Grund unreinlicher Culturen für Mucor und Penicillium gefunden wurden. Beide Pilze sind in dieser Art jahrelang die unvermeidlichen Opfer von Verwechselungen gewesen, welche erst seit der Publication meiner Culturmethoden und dem Erscheinen der beiden ersten Hefte der Schimmelpilze, welche die geschlossenen Untersuchungen von Mucor und Penicillium brachten, zu einer historischen Reminiscenz geworden sind[1]. Der sogenannte Pleomorphismus in den Fruchtformen sollte etwas den Pilzen eigenthümliches sein und erwies sich in Wirklichkeit als nichts anderes, als was bei allen andern Pflanzen vorkommt, und darüber hinaus als das fehlerhafte Resultat aus schmutzigen Culturen. Gerade hier liegt der Schwerpunkt für mycologische Untersuchungen, hier liegt ein wesentlicher Grund, weshalb für sie besondere Methoden der Cultur gefunden werden mussten, die doch im Princip nichts anderes anstreben, als was sich auf anderen Gebieten der Botanik ganz von selbst versteht. In der Kleinheit und Massenproduction der Fortpflanzungsorgane, welche die leichte Verbreitbarkeit und die grosse Verbreitung von selbst einschliessen, und in ihrer rapiden Entwicklung sind die specifischen Eigenthümlichkeiten der Pilze gegeben, aus welchen das Bedürfniss nach besonderen mycologi-

[1]) Man vergleiche hierüber nur die Literaturangaben, welche ich in den beiden ersten Heften der Schimmelpilze angeführt habe.

schen Methoden hervorgegangen ist, Methoden der Untersuchung, die sich von anderen nur darin unterscheiden, dass in ihnen diesen Sonderheiten zur Vermeidung von Irrthümern Rechnung getragen ist.

Indem ich nunmehr zu den Culturmethoden für grössere Pilzformen mit länger währender Entwicklung und dann zu grösseren Culturen namentlich auch auf festem Substrate übergehe, will ich sogleich anschliessend an den letzten Absatz einen Punkt besprechen, dessen ganz besondere Wichtigkeit für das Gelingen eben dieser Culturen ich erst in der Länge der Zeit beurtheilen lernte.

Wenn ich auf den mühsamen Weg zurückblicke, den ich für die Cultur grösserer Pilze selbst zurückgelegt habe, wenn ich namentlich der vielen vergeblichen Versuche gedenke, welche ich gemacht, bis ich endlich zum Ziele kam, so finde ich, dass die grösste Schwierigkeit in der Bekämpfung der Spaltpilze gegeben ist. Sobald man reinlich arbeitet, sind die Eingriffe und Störungen, welche die allverbreiteten Schimmelpilzkeime verursachen, schon fast bedeutungslos, zumal wenn eine Verwechselung durch die directe Beobachtung ausgeschlossen ist. Anders steht die Sache bezüglich der kleinen Spaltpilzformen. Wo sie auftreten, ist es sofort um die Cultur geschehen. Durch schnelles Wachsthum und Vermehrung und namentlich durch die zersetzenden Einflüsse, welche sie vielfach auf die Nährlösungen ausüben, hemmen sie bald das Wachsthum der Fadenpilze. Diese kommen nicht weiter, werden von den Spaltpilzen verdeckt und damit ist der Ausgang der Cultur ein illusorischer geworden. Hier ist das Gelingen einer Cultur, die 3—4 Wochen in Anspruch nimmt, fast identisch mit der erfolgreichen Bekämpfung der Spaltpilze. Bei meinen Untersuchungen über die Basidiomyceten habe ich in den ersten Jahren mehrfach einen Stillstand eintreten lassen müssen, weil ich trotz aller Vorsicht und Reinlichkeit nicht im Stande war die Bacterien auszuschliessen. Als ich sicher erkannt hatte, dass sie die Uebelthäter waren, und mir vornahm sie systematisch zu bekämpfen, kam ich allmählich hinter die Fehlerquelle und lernte sie endlich völlig beseitigen. Es stellte sich im Laufe der Versuche zur Evidenz heraus, das die Bacterien nur zu einem kleinen Theile aus der Luft, zu einem wesentlicheren Theile aber durch Utensilien eingeführt werden. Benutzt man Nadeln, Pincetten etc., die nicht ausgeglüht, Objectträger, die nur in kochendem

Wasser gelegen haben, oder ein Sporenmaterial, welches nicht mit aller Sorgfalt auf besonders gereinigten Objectträgern oder Papier aufgefangen ist, so kommen unvermeidlich Bacterien in die Cultur; sie erscheinen mit dem 3. Tage und am 4. ist schon der Stillstand im Wachsthum der Fadenpilze eingetreten. Nur wenn alle Utensilien ausgeglüht, wenn die Objectträger in verdünnter Salzsäure bis zum Gebrauche aufbewahrt werden, wenn die Nährlösungen einen Tag im Dampfbade gestanden haben, wenn bei der Gewinnung des Aussaatmateriales die äusserste Vorsicht angewendet wird, und wenn man in möglichst staubfreien Räumen die Culturen anstellt und aufbewahrt, nur dann erst gelingt es die Bacterien auszuschliessen und den natürlichen Entwicklungsabschluss zu erreichen. Ich überzeugte mich davon, dass die Invasion der Spaltpilze aus der Luft in ruhigen Räumen, die nicht anders als bei Regenwetter gelüftet und nass gereinigt wurden, schon keine häufige mehr war, auch wenn die Culturen 3—4 Wochen stehen blieben. Es gelang in dieser Art Tausende von Culturen der verschiedensten kleinen Basidiomyceten auf Objectträgern ungestört zu Ende zu führen, die Anlage von Fruchtkörpern in allen Stadien aufs genaueste zu verfolgen und oft 20—30 reife Fruchtkörper in einer einzigen Cultur zu gewinnen, welche eine Zeit von 3—4 Wochen bis zu ihrem vollen Ablaufe gebrauchte. Dabei war es möglich in der evidentesten Weise sicher zu stellen, wie die oft in ungeheurer Masse auftretenden Conidien, die nicht keimungsfähig sind, zu der Bildung der Fruchtkörper in gar keiner Beziehung stehen[1]). Dieselben Resultate wurden dann in Culturen grosser Ascomyceten gewonnen, von Pezizen, Sordarien, etc., welche in allen Entwicklungsstadien des vegetativen und fructificativen Lebens verfolgt werden konnten, bei welchen sich die Ascusfrüchte, (ebenso bei allen anderen untersuchten Ascomyceten) ohne jeden Befruchtungsvorgang bilden, trotzdem die nicht keimenden Conidien, die Spermatien, die mit der Bildung der Ascusfrucht nichts zu thun haben, bei vielen Formen häufig und in ungemessenen Mengen auftreten[2]). — Bei den vielen Culturen, die ich Jahre hindurch gemacht habe, fiel es mir namentlich auf, dass die Störungen durch Bacterien dann geringere sind, wenn die Nährlösungen durch irgend eine vegetabilische Säure sauer rea-

---

[1]) Ich verweise hier auf die Untersuchungen über die Basidiomyceten, welche ich im 3. Hefte der Schimmelpilze zusammengestellt habe.

[2]) Diese Untersuchungen über Ascomyceten bilden die letzten Abhandlungen in diesem 4. Hefte der Schimmelpilze.

giren, also bei allen Nährlösungen, welche aus Früchten gewonnen sind. Die Anwendung solcher Nährlösungen ist darum immer vorzuziehen in Fällen, wo die Säure die Entwicklung des Pilzes, den man cultiviren will, nicht hindert. Leider ist dies aber für sehr viele Pilze der Fall; die Basidiomyceten entwickeln sich nicht in Fruchtsäften, ebenso wenig viele Ascomyceten, hier bleibt nichts übrig als zu dem empfindlicheren Mistdecocte zu greifen: denn auch ein neutralisirter Fruchtsaft enthält nicht die zusagenden Nährsäfte und ist für Bacterien ebenso empfindlich, sobald er die Säure verloren hat, wie das Mistdecoct, welches »als Universalnährlösung für Pilzculturen« soweit meine Erfahrungen reichen, durch keine bessere vorläufig zu ersetzen ist.

Die Culturen von Pilzen auf Objectträgern, deren praktische Ausführung bisher besprochen wurde, bewegen sich nicht über gewisse Grenzen hinaus; es können in der beschränkten Menge von Nährlösung nur Pilze von verhältnissmässiger Grösse zur vollen Entwicklung gebracht werden. Dort, wo die Formen massiger sind, gelingt es nicht, über früh begrenzte Punkte in der Entwicklung hinauszukommen. Sie stehen in Abhängigkeit von einer reicheren Ernährung und einer üppigeren Entwicklung, und müssen daher durch andere Formen der Cultur erschlossen werden, die nunmehr Gegenstand unserer Betrachtung sein sollen.

Nachdem wir bei der Untersuchung eines grösseren Pilzes über die nächsten morphologischen Fragen, soweit sie durch Beobachtung in durchsichtigen Medien lösbar sind, genugsam unterrichtet, können wir ohne Weiteres zur Cultur auf undurchsichtigem festem Substrate übergehen, um in den weiteren Entwicklungsstadien, die nur bei üppigerer Ernährung zu erreichen sind, an die früheren Beobachtungen anzuknüpfen und die Untersuchungen zum Abschluss zu bringen.

Ehe wir aber der praktischen Ausführung dieser grösseren Culturen auf compactem pilzfreiem Nährboden, der eine unbegrenzte Menge von Nährstoffen bietet, uns zuwenden, wollen wir einen Augenblick bei der Bedeutung dieser Art von Culturen verweilen, welche sich ungleich grösser erweisen wird, wie es oberflächlich scheinen mag. — Es ist in vielen Fällen möglich, Substrate für die Entwicklung der Pilze zu schaffen, so reich an Nährstoffen, wie die Natur sie fast nicht bietet. Durch die bessere Ernährung können Stadien der Entwicklung erreicht werden, welche in der Natur nicht oder nur selten zur

Ausbildung kommen. — Die bessere Ernährung wird noch verstärkt durch ein anderes Moment, welches fast noch schwerer ins Gewicht fällt. Es ist dies der Ausschluss jeder Mitconcurrenz von anderen Pilzen um das Substrat. Wir haben es in der Gewalt, das künstliche Substrat völlig pilzfrei herzustellen, also bei der Cultur des einen die Mitbewerbung jedes anderen Pilzes um das Substrat völlig auszuschliessen. In der Natur kommt etwas Aehnliches kaum anders vor, als bei parasitisch lebenden Pilzen, welche bestimmte Wirthe allein bewohnen. Die Kunst vermag in diesen Hülfsmitteln für die Cultur der Pilze, in der Beseitigung der Mitbewerbung vieler und der unbegrenzten Ernährung eines einzigen, die Natur gleichsam zu überbieten, und Culturbedingungen zu schaffen, welche thatsächlich in einzelnen Fällen mehr leisten als die Natur. So ist es mir beispielsweise gelungen von dem allverbreiteten Schimmelpilze »Penicillium crustaceum (glaucum)«, der in der Natur auf keinem Substrate eine andere Fruchtform ausbildet, als die Conidienträger des allbekannten Schimmels, durch künstliche Cultur die Ascusfrüchte herzustellen, die sonst gar nicht auftreten[1]). Dasselbe gelang bei Aspergillusformen, bei welchen aber die Früchte schon über bestimmte Entwicklungsstadien nicht mehr hinauskommen. Der Vergleich mit anderen verwandten aber vollständigen Formen legt die Vermuthung nahe, dass es sich hier um Fruchtformen handelt, die im Untergange begriffen sind, die nur noch unter besonders günstigen Culturbedingungen auftreten, eine Vermuthung, die um so wahrscheinlicher ist, als bei anderen verwandten Formen auch alle Cultur vergeblich und die Annahme des vollständigen Rückganges der Fruchtformen gerechtfertigt ist[2]). Die Erzeugung von Fruchtformen bei Pilzen, deren Existenz der Analogie nach, soweit sie nicht aus dem Entwicklungsgange verschwunden sind, mit Sicherheit anzunehmen ist, kann weiterhin im Wege dieser künstlichen Culturen vermittelt werden. Bei der Mortierella Rostafinskii, einem Phycomyceten, den ich vor einigen Jahren auf Pferdemist antraf, erschienen schon nach wenigen Culturreihen bei üppigster Ernährung die merkwürdigen Zygosporen, die auf dem natürlichen Substrate nicht zu finden waren[3]). — Und so wie in dem einem Falle das positive Resultat von Werth ist, die Auffindung der zugehörigen Frucht-

---

[1]) *Brefeld,* Schimmelpilze 2. Heft, über Penicillium.

[2]) Man vergleiche die Abhandlung in diesem 4. Heft der Schimmelpilze »Weitere Untersuchungen über Ascomyceten«.

[3]) Die 4. Abhandlung dieses Heftes.

formen, so ist in anderen Fällen auch das negative Ergebniss langer Culturreihen, in welchen immer nur eine Fruchtform auftritt, nicht ohne Wichtigkeit, insoweit es einen thatsächlichen Beleg für die Annahme gibt, dass eben die weiteren Fruchtformen im Rückgange begriffen, oder schon völlig eingegangen sind, eine Annahme, welche für die Beurtheilung der Pilzformen in biologischer Hinsicht kaum von geringerer Bedeutung sein dürfte[1]. — Als ein ferneres Beispiel von Culturresultaten dieser Art, will ich auf den Agaricus melleus hinweisen, den ich im III. Hefte dieser Schimmelpilze behandelt habe. Es wurden aus einzelnen Sporen dieses grossen Hutpilzes Rhizomorphen gezogen von beträchtlichen Dimensionen, und an dem Culturmateriale über die Morphologie der vegetativen Zustände des Agaricus melleus und eine Reihe noch unklarer biologischer Fragepunkte mehr Aufschluss gewonnen, als dies bisher an dem natürlichen Materiale möglich war. — Ebenso konnte von Pezizen und anderen Ascomyceten (man vergleiche die letzten Abhandlungen dieses Heftes) ein Culturmaterial für die Untersuchung hergestellt werden, wie es gleich ausgiebig und übersichtlich in der Natur gar nicht zu finden ist. — Dabei sind gleichzeitig Beobachtungen nach anderer Richtung von selbst an die Hand gegeben, die sonst kaum eine Beachtung finden würden. So stellte es sich heraus, dass unter den Pilzen eine nicht geringe Anzahl sich findet, bei welchen das Licht für den Ablauf der normalen Entwicklung unentbehrlich ist, dass ohne Licht bald die Anlage der Fruchtkörper überhaupt nicht eintritt, bald Vergeilungen des Stieles nach Art höherer Pflanzen Platz greifen, bald die Anlage der Sporangien unterbleibt, bald endlich Vorgänge der Streckung nicht möglich sind, welche die Entfaltung des Fruchtkörpers und damit zusammenhängend seine Entleerung von Sporen bedingen.

Das naheliegendste Material für *die Ausführung der Culturen auf festem Substrat* ist in dem Miste von kräuterfressenden Thieren gegeben. Man weicht den Mist mit Wasser zu einem dünnen Breie auf und stellt die gut verdeckte Mischung einen ganzen Tag hindurch in ein Dampfbad; dann sind alle vorhandenen Pilzkeime todt und auf dem Miste, von welchem man den flüssigen Theil abgiesst und als Nährlösung verwendet, lassen sich, nachdem er vorsichtig in reine, mit breitem Glasdeckel verdeckte Krystallisirschalen übertragen ist, die

---

[1]) Ich verweise bezüglich weiterer Einzelheiten auf die drei letzten Abhandlungen dieses Heftes.

Culturen auf das leichteste ausführen. Man legt in der Art, wie es bei Objectträgerculturen dargelegt ist, eine Spore oder einen jungen Keimling auf seine Oberfläche; je nach Umständen, wenn das Sporenmaterial ganz rein ist, kann man auch mehrere übertragen. — Will man einen noch ergiebigeren, für die meisten Pilzformen geeigneten Nährboden sich künstlich herstellen, so gibt es kein besseres Material hierfür wie ungesäuertes Brod. Wenn es zwei mal 24 Stunden einem Luftbade von 150° ausgesetzt gewesen ist, so kann es als pilzfrei angesehen werden. Es wird mit ausgekochtem Wasser in reinen Krystallisirschalen wieder aufgeweicht und so für die Cultur benutzt. Statt Wasser kann man nun auch beliebige Nährlösungen anwenden, das Brod gleichsam noch zu düngen. Hierfür ist in dem einen Falle Mistdecoct vorzuziehen, in einem zweiten die natürlichen Fruchtsäfte, die sauer reagiren, im dritten solche Säfte, in welchen man die Säure durch Ammoniak neutralisirt hat. — Für Reihengenerationen in Culturen dieser Art, deren Ausführung für die Gewinnung der verschiedenen Fruchtformen, oder für den Nachweis, dass sie nicht mehr auftreten, nicht genug angerathen werden kann, muss man natürlich die Sporen von den einzelnen Culturen sammeln und immer für die folgende das Sporenmaterial der vorhergehenden verwenden.

Für die Untersuchung von Gährungspilzen, namentlich für Versuche darüber, ob und welche Formen die alkoholischen oder andere Gährungen erregen, sind natürlich nur Culturen in flüssigen Medien, in Zucker etc. haltigen Nährlösungen ausführbar. Hierfür verwendet man z. B. künstliche Nährlösungen aus bestimmter Menge Traubenzucker mit etwas Ammoniaksalzen und mineralischen Bestandtheilen aus Cigarrenasche, wie früher angegeben wurde. Nährlösungen dieser oder ähnlicher Art, die für die Pilze der Alkoholgährung am besten etwas sauer herzustellen sind, werden in Kolben ausgekocht, die mit einem Kautschukkorke versehen sind, in welchem ein Ableitungsrohr verschieden umgebogen (oder auch später mit Wasser, oder Quecksilbervorlage versehen) angebracht ist. Hat man reines Material, so kann man viele Sporen einführen, sonst beliebig von einem einzelnen Keime, z. B. bei Versuchen mit Schimmelpilzen, ausgehen. — Es dürfte nicht überflüssig sein, hier zu bemerken, dass für alle Nährlösungen in Kolben ein Verschluss mit zwei- oder dreifachem Filtrirpapier für eine längere Aufbewahrung dann genügt, wenn die kochenden Dämpfe beim Auskochen der Lösung eine Zeit lang durch das Papier entwichen sind. Kork-

pfropfen dürfen weder für Spritzflaschen noch für Nährlösungen jemals verwendet werden, sie bleiben trotz aller Reinigung und allen Auskochens pilzhaltig, und führen eine schnelle Verderbniss herbei, die bei Kautschukpfropfen ausgeschlossen ist.

Die Anwendung von Nährlösungen oder andern Nährsubstraten bildet den Ausgangspunkt für Pilzculturen und mycologische Untersuchungen, die von den einzelnen Sporen in geschlossener Folge hergeleitet werden sollen. Es gibt nun aber Vorkommnisse bei Pilzen resp. deren Cultur, wo die Anwendung von Nährlösungen völlig ausgeschlossen bleibt. Dies trifft zu bei einer Reihe von morphologischen Gebilden, die im Laufe der Entwicklung bei manchen Pilzen auftreten, Gebilden, die man ihrem Werthe nach bald als Fruchtkörper anzusehen hat, welche einen Dauerzustand durchmachen, ehe sie sich weiter entwickeln, bald nur als vegetative Formbildungen für den Dauerzustand ausgerüstet, welche der Fruchtbildung meistens vorhergehen. Diese Bildungen werden, ähnlich wie die Samen höherer Pflanzen, denen sie nicht morphologisch aber physiologisch in gewissem Sinne vergleichbar sind, von dem mütterlichen Organismus abgestossen, wenn sie reif sind d. h. wenn mit ihrer Formausbildung die Ausstattung mit Nährstoffen beendet ist, welche ausreicht, einen Abschluss der Entwicklung herbeizuführen, wie er in anderen Fällen auf der Mutterpflanze ohne Unterbrechung zurückgelegt wird. Es ist klar, dass hier, wo die Nährstoffe genügsam angehäuft sind, jede Ernährung überflüssig ist, und dass es nur des Ablaufes der Ruheperiode bedarf, um mit der blossen Zufuhr an Wasser die Auskeimung resp. den Entwicklungsabschluss zu erreichen. Hierher gehören die Sclerotien, vegetative Dauerzustände von Pilzen, z. B. die Sclerotien von Coprinus stercorarius und von Peziza Sclerotiorum, ferner die sclerotialen Zustände von Fruchtkörpern, wie sie z. B. bei Penicillium und Erysiphe in verschiedenen Entwicklungsstadien auftreten, ferner die gleichsam zu einer Spore gewordenen, bald geschlechtlich bald ungeschlechtlich entstandenen Früchte bei niederen Pilzen, den Phycomyceten, also die Zygosporen der Zygomyceten, die zu Oosporen gewordenen Oogonien der Oomyceten bei Chytridiaceen, Entomophthoreen und Ustilagineen[1]) und auch die Oosporen der Peronosporeen etc.

---

[1]) Weitere Ausführungen hierüber finden sich in den verschiedenen Abhandlungen dieses

Diese Früchte oder Sporen ertragen meist eine längere Aufbewahrung im trockenen Zustande, und es ist unmöglich ihre Keimung eher zu erreichen, als bis die bald nur kurze bald längere Ruheperiode durchlaufen ist. Hierfür ist die besondere Erfahrung im einzelnen Falle zu machen; die natürlichen Lebensverhältnisse der Pilzformen können freilich sehr gute Anhaltspunkte geben. Bei den kleinen Früchten kann man oft schon die Keimung in einigen Tagen auf dem Wassertropfen des Objektträgers erreichen z. B. bei manchen Ustilagineen. Wo die Auskeimung länger dauert und also auch eine längere Befeuchtung nothwendig ist, dort muss man die Kammern anwenden. Man mischt die möglichst rein gesammelten oder noch besonders in Wasser gereinigten Sporen mit ausgekochtem Wasser und sucht sie durch Einsaugen in die Kammern so zu vertheilen, dass man die einzelnen genau verfolgen kann. In dieser Art der Cultur sind die Schimmel- und Bacterienbildungen, die sonst in der Länge der Zeit sehr lästig und oft gefährlich werden können, auf ein Minimum reducirt. Die gleichmässige Befeuchtung und Durchlüftung ist der Keimung besonders günstig, dabei eine continuirliche mühelose Beobachtung möglich. — Wenn die Früchte grösser werden, z. B. manche Zygosporen, die Fruchtkörper von Penicillium, so geht es mit der früheren Beobachtung nicht weiter. Man legt die Früchte dann auf ausgekochtes Filtrirpapier, welches man in einem gut verdeckten Uhrglase in kurzen Fristen von einigen Tagen mit ausgekochtem Wasser neu befeuchtet. — Für grosse Sclerotien, z. B. die von Peziza Sclerotiorum oder die von Mutterkorn, muss man groben Kieselsand nehmen, der aber jedenfalls vorher ausgekocht sein muss. Da diese Sclerotien in der Natur meist lose von der Erde bedeckt sind, so ist es gut, dies auch hier zu thun, überhaupt genau die Verhältnisse nachzuahmen, wie sie in der Natur sich finden, namentlich die Sclerotien nicht nasser zu halten, als es die feuchte Erde im Freien ist. — Ich habe in dieser Weise oft die Keimungen ohne jede Störung heerdenweise erreicht, und alle Fruchtkörper, die überhaupt noch keimfähig sind, keimten ohne Ausnahme aus.

Die Sclerotien und Früchte im Ruhezustande werden der Regel nach am Abschlusse der einen Vegetationsperiode gebildet, um dann in der nächsten aus-

---

Heftes, namentlich über Entomophthora radicans, und in den Bemerkungen zur vergleichenden Morphologie der Pilze.

zukeimen. Der grössere Theil von diesen Bildungen verliert die Keimkraft nach Ablauf eines Jahres und alle Versuche, die Keimung in der zweitfolgenden Vegetationsperiode zu erreichen, sind vergebens, z. B. beim Mutterkorn und vielen sporenartigen Fruchtkörpern. In anderen Fällen hält aber die Keimkraft jahrelang an, z. B. bei den Sclerotien der Peziza Sclerotiorum, wenn sie trocken aufbewahrt werden.

Die sämmtlichen Culturmethoden, soweit sie bis jetzt Gegenstand unserer Betrachtung waren, beziehen sich auf Pilze, welche als Saprophyten von todter organischer Substanz zu leben vermögen, gleichviel ob sie in der Natur auch als Parasiten auftreten oder nicht. Bekanntlich würden wir bei der Gesammtmasse der Pilze eine Unterscheidung nach ihrer Lebensweise entweder als Saprophyten oder als Parasiten treffen können, je nachdem sie todte oder organische Substanz bewohnen oder lebende Wesen befallen. In dieser verschiedenen Art der Lebensweise macht sich eine Adaptation in grösserem oder geringerem Grade bemerkbar, welche in den extremsten Fällen soweit geht, dass gewisse Formen ganz bestimmte Lebensbedingungen für ihre Entwicklung voraussetzen. Diese Adaptationserscheinung kann mit etwa derjenigen verglichen werden, welche wir bei Pilzformen antreffen, die in den Substraten Gährungs- und ähnliche Zersetzungsprocesse anregen, um hieraus für die Abwicklung ihrer Lebensvorgänge Vortheil zu ziehen. Dass die parasitisch lebenden Pilze von solchen Formen abstammen, die sich einst saprophytisch ernährten, und diese wiederum auf Formen zurückgehen, die chlorophyllhaltig waren, und sich selbst ernährten, kann so wenig zweifelhaft sein, als die Ableitung der Gährung und Fäulniss erregenden Pilze von solchen, welche diese Fähigkeiten noch nicht besassen. Die grosse Mannigfaltigkeit in der Art und dem Grade der Ausbildung dieser adaptiven Erscheinungen entspricht der möglichen Variation, welche in den äusseren Lebensbedingungen der Pilze, der Zeitfrist ihrer Fortdauer oder der Häufigkeit ihrer Wiederholung denkbar ist. So treffen wir alle möglichen Uebergänge an zwischen saprophytischem und parasitischem Leben bei den Pilzen, und endlich an typischen Parasiten Fähigkeiten und Angriffsmittel gegen ihre Wirthe ausgebildet, die oft in demselben Grade hoch entwickelt sind, als die Existenzfähigkeit unter anderen Bedingungen schon zurückgetreten ist.

Die Zahl der saprophytischen Pilze, welche unter Umständen

parasitisch auftreten, ist eine sehr grosse, vielleicht können alle oder die meisten von ihnen parasitisch leben, wenn gewisse Vorbedingungen erfüllt sind, wenn namentlich gewisse Angriffspunkte z. B. Verletzungen geboten sind. Indess bei allen hier einbegriffenen Formen sind die adaptiven Fähigkeiten als Parasiten noch so gering und in der Fortdauer der Zeit so unvollkommen ausgebildet, dass sie alle, wenn sie auch als Parasiten angetroffen werden, mit leichtester Mühe saprophytisch ernährt werden können. Ich will als Beispiele dieser Art, in welchen der Parasitismus einen ganz verschiedenen Grad der Ausbildung erlangt hat, aus den nachfolgenden Untersuchungen dieses IV. Heftes der Schimmelpilze nur auf Chaetocladium, Peziza Sclerotiorum, Pycnis sclerotivora, Botrytis Bassiana, Isaria farinosa, Claviceps purpurea etc. hinweisen. Wie ich nicht zweifle, gehören auch diejenigen Formen der Spaltpilze hierher, die man als Parasiten im thierischen Leibe antrifft, von wo sie gleichsam als Träger von Krankheitsstoffen Angriffsmittel auf das gesunde Individuum mit sich führen, welche wieder verloren gehen, sobald der Parasitismus durch eine andere Lebensweise abgelöst wird[1]).

Alle Pilze nun, welche in der erwähnten Art als Parasiten auftreten, fallen ohne Weiteres unter die Culturmethoden, die ich für saprophytische Pilze angegeben habe. Von ihnen sind als eine nicht grosse Schaar die Parasiten abzuscheiden, Parasiten im engsten Sinne, bei welchen es, so weit die Versuche reichen, nicht mehr gelingt sie saprophytisch zu ernähren, bei welchen schon, mögen sie Pflanzen oder Thiere bewohnende Parasiten sein, mehr oder minder enge Wechselbeziehungen zum Leben ihrer Wirthe anzutreffen sind, Bezie-

---

[1]) Wenn es nun richtig ist, dass der Parasitismus als eine adaptive Eigenschaft sich durch andere Lebensweise wieder verlieren kann, so ist es gewiss nicht minder richtig, dass der Parasitismus sich durch rationelle Cultur auch künstlich ausbilden lässt, dass es also gelingen wird, aus beliebigen saprophytisch lebenden Pilzen z. B. Schimmelpilzen Parasiten zu erziehen. Natürlich wird sich nur ein relativ geringer Grad von parasitischer Adaptation auch durch längere consecutive Versuchsreihen ausbilden lassen. Es sprechen aber alle Beobachtungen dafür, dass Erscheinungen dieser Art sich schon in der Natur an den gemeinsten Schimmelpilzen finden, dass die Sporen dieser Pilze sich verschieden verhalten nach der Lebensweise der Individuen, von welchen sie abstammen. Von *P. Grawitz* sind in neuester Zeit experimentelle Untersuchungen nach dieser Richtung gemacht, (Ueber Schimmelvegetationen im thierischen Organismus, *Virchow*'s Archiv für pathologische Anatomie, B. 81, 1880) ebenso von *Buchner*, dessen Abhandlung erst nach Abschluss des Manuscriptes für dies IV. Heft der Schimmelpilze in meine Hände kam, (Ueber experimentelle Erzeugung des Milzbrandcontagiums aus den Heupilzen, Sitzungsberichte der K. b. Akademie der Wissenschaften in München, Februar 1880).

hungen, die nicht bloss in einer zeitlich correspondirenden Entwicklungsperiode stehen geblieben sein können, die sich vielmehr auch bereits in der Ausbildung der morphologischen Charaktere ausgeprägt zeigen. Ein besonders charakteristisches Beispiel dieser Art ist in dem Fliegenpilz, in der Empusa Muscae[1]) gegeben, bei welchem die Art der Sporenausbildung und Entleerung und der Modus ihrer Keimung so genau den Lebensverhältnissen der Fliegen adaptirt, so eng mit dem parasitischen Leben des Pilzes auf den Fliegen verbunden ist, dass man meinen sollte, sie wären besonders für einander geschaffen.

Zu diesen letzt erwähnten Parasiten dürften die meisten Ustilagineen, die Entomophthoreen, die Chytridiaceen und Peronosporeen unter den Phycomyceten gehören. Aus der Reihe der Mycomyceten sind die Aecidiomyceten als Beispiele besonders hervorzuheben, bei welchen schon viele, vielleicht die meisten Formen nur auf bestimmten Nährpflanzen anzutreffen sind, andere zwei verschiedene Wirthe bewohnend mit dem Wechsel der Fruchtform sogar einen Wechsel der Wirthe verbinden. — Ich muss aber hier einschalten, dass ich mit der Bezeichnung »Parasiten im engsten Sinne« nur den hohen Grad der parasitisch adaptirten Lebensweise bezeichnen, aber keineswegs behaupten will, dass diese Pilze, die man bisher nur als Parasiten entwickeln konnte, nicht auch noch saprophytisch leben können; ich bin vielmehr überzeugt, dass es sich auch hier, wie ich es in so vielen anderen Fällen erwiesen habe, nur um die richtige Methode handelt, sie wieder von dem parasitischen Leben allmählich abzubringen, dass also auch in diesen weiter vorgeschrittenen Adaptationen so wenig constante Eigenschaften zu erblicken sind, wie dies bei den *Pilzen* der Fall sein kann, bei welchen wir die physiologische Eigenthümlichkeit, Gährungs- und Fäulnissprocesse zu erregen, besonders stark ausgebildet finden.

Will man nun diese Pilze untersuchen, und namentlich den *Zusammenhang feststellen, in welchem bestimmte Krankheitserscheinungen an Pflanzen und Thieren zum Leben und zur Entwicklung dieser Parasiten stehen*, was praktisch oft nicht ohne Bedeutung ist, so kann dies nur so geschehen, dass man den durch den Parasitismus adaptirten Eigenthümlichkeiten im einzelnen Falle besonders Rechnung trägt, dass man

---

[1]) *Brefeld*, Untersuchungen über die Entwicklung der Empusa Muscae und E. radicans, Abh. der naturf. Gesellsch. zu Halle. B. XII. p. 28—29.

also zunächst die Parasiten auf den Wirthen cultivirt, wo man sie antrifft. Diese müssen mit den Sporen inficirt werden, dann muss man deren Keimung auf ihnen, das Eindringen des Keimlinges und seine weitere Entwicklung in dem Wirthe verfolgen. Hier fragt es sich zunächst, wo, an welchen Stellen die Keimlinge eindringen. Dies ist bei verschiedenen Pflanzen ganz verschieden. Oft liegt die einzig angriffsfähige Stelle fern von dem späteren Entwicklungsheerde des Parasiten z. B. bei Ustilagineen. Bei diesen befindet sie sich, in den untersuchten Fällen bei Gräsern, an den unterirdischen Theilen, nach oben nur noch im Scheidenblatt[1]); gleichwohl kommt der Pilz meist oben in den Fruchtknoten oder in den oberen Stengeltheilen zur Fruchtbildung und zur Erscheinung. Andere Keimlinge z. B. von Peronosporeen und Aecidiomyceten dringen durch die Blätter, bald direct durch ihre Epidermis, bald durch die Spaltöffnungen, bald an beiden Stellen ein[2]). Bei Insecten tödtenden Pilzen findet das Eindringen entweder an allen Stellen der Haut statt wie bei Kohlraupen, oder nur an bestimmten Stellen z. B. bei der Stubenfliege an dem Unterleibe. Weiss man den Ort des Eindringens, so muss man hier die Infection ausführen. Hierfür ist aber zunächst wieder nothwendig, dass man sich vorher von der Keimfähigkeit der Sporen überzeugt, mit welchen man inficiren will. Nun keimen manche Sporen bald nach ihrer Bildung z. B. die Entomophthoreen-Conidien, ebenso die Conidien von Peronosporeen, die Uredo und Aecidiensporen der Aecidiomyceten. In diesen Fällen mischt man die frischen Sporen mit Wasser in einem kleinen Pulverisator und bläst sie mit den Tröpfchen auf die inzwischen vorbereiteten angriffsfähigen Stellen der Wirthe, welche dann etwa 36 bis 48 Stunden, mit einer innen gleichfalls mit Tröpfchen bespritzen Glocke bedeckt, in feuchter Luft zu halten sind.

Anders ist es mit den Dauersporen, welche meist am Abschluss der Vegetationsperiode der Wirthe gebildet werden. Diese keimen der Regel nach in ganz bestimmter Zeit, wenn nämlich die Wirthe im nächsten Jahre wieder angriffsfähig in der Natur entwickelt sind. In dieser Zeit keimen die Dauersporen

---

1) *Wolff*, der Brand des Getreides. Halle, Waisenhausbuchhandlung 1874.

2) Die künstlichen Infectionen der Wirthe mit den Sporen der Parasiten sind, wie erwähnt, zuerst von *de Bary* gemacht; man vergleiche die citirten Arbeiten über parasitische Pilze.

der Ustilagineen am besten, die Teleutosporen der Aecidiomyceten nur dann, wenn man sich streng an die Erscheinungen in der Natur hält. Die Infectionen werden auch hier mit dem Pulverisator gemacht, ohne dessen Anwendung die Sporen mit Wasser für ihre Keimung nicht oder nur höchst unvollkommen aufzutragen sind, da die Tropfen an der Oberfläche der Wirthe nicht haften bleiben. — Bei manchen Aecidiomyceten werden die Teleutosporen in zusammenhängenden Kuchen gebildet, welche die betreffenden Theile der Nährpflanze, Stengel oder Blatt, fest umschliessen. Die Uebertragung der Sporen geschieht hier am besten so, dass man die betreffenden Theile mit den Sporen besetzt in Wasser eine Zeit lang aufweicht und dann in feuchter Luft unter der Glocke die Bildung der bald auskeimenden Conidien so eintreten lässt, dass diese, indem sie abgeworfen werden, auf die zu inficirenden Pflanzentheile fallen müssen. — In Ausnahmefällen z. B. bei dem Fliegenpilz ist eine künstliche Infection, wie vorhin, überhaupt nicht ausführbar; diese gelingt nur, wenn man sie durch Nachahmung der Natur natürlich eintreten lässt[1]).

Der weitere Verlauf der Entwicklung nach erfolgter Infection ist leicht festzustellen; Verwechselungen gibt es hier nicht. An abgezogenen Hautstücken sieht man das Eindringen der Keimlinge, auf Querschnitten oder sonst durch Präparation verfolgt man ihre weiter fortschreitende Entwicklung und mit dieser das Auftreten der bestimmten, die verschiedenen Parasiten charakterisirenden Krankheitserscheinungen. Die unvollständige Art der Verfolgung der Pilze in den Wirthen im Zusammenhange mit der Krankheit, wie sie anders hier nicht möglich ist, verlangt einen weiteren Beweis für den Zusammenhang von Pilz und Krankheit. Dieser ist in Controlversuchen gegeben mit nicht inficirten Wirthen, welche die Infectionen begleiten und stets gesund und pilzfrei bleiben müssen.

Betreffs der parasitisch vorkommenden Saprophyten will ich hier kurz nachtragen, dass für sie die Methoden der Infection nicht wesentlich andere sind, als ich sie eben für die Parasiten im engsten Sinne beschrieben habe. Für solche Pilzformen, bei welchen der Parasitismus sehr schwach ist, so dass

[1]) *Brefeld*, l. c. die Untersuchung über Empusa Muscae.

directe Angriffsmittel, die Wirthe zu befallen, nicht ausgebildet sind, muss die Art der Infection hiernach modificirt werden; im extremsten Falle erzeugt man eine Wundstelle, an welcher man inficirt. Ich habe früher in dieser Weise Versuche mit Früchten gemacht und gezeigt, dass es verschiedene Formen der Fäulniss bei diesen gibt, welche durch verschiedene Schimmelpilze, die an Wundstellen eindringen, verursacht werden, dass aber auch andere Erscheinungen von Fäulniss natürlich[1]) eintreten, welche mit Pilzen nichts zu thun haben. Bei den verschiedenen Fäulnissprocessen des Holzes dürfte die Sache kaum anders liegen, als ich es für Früchte dargethan habe.

---

[1]) *Brefeld,* Untersuchungen über die Fäulniss der Früchte. Sitzungsberichte der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin, December 1875.

Bacillus subtilis.

Im April 1877 erhielt ich vom landwirthschaftlichen Ministerium in Berlin durch die Vermittlung der Veterinär-Commission, speciell des Hr. Geheimrath Dr. *Virchow* den Auftrag, eine Untersuchung über die Bacterien-Gattung Bacillus auszuführen, die kurze Zeit vorher erschienenen Beobachtungen von *Cohn* und *Koch* über die Entwicklungsgeschichte des Bacillus subtilis und namentlich des B. Anthracis, welche zu dem Auftrage die Veranlassung gegeben hatten, sollten bei der Untersuchung eine eingehende Berücksichtigung finden.

Die Resultate meiner Untersuchungen habe ich im Spätherbst 1877 dem Ministerium eingesandt und im Frühjahr 1878 bei den naturforschenden Freunden in Berlin[1]) vorläufig mitgetheilt, als ich zu der Ueberzeugung gekommen war, dass es bei dem Mangel an Hülfsmitteln, namentlich an geeigneten Räumlichkeiten für diese Untersuchungen unmöglich sei, sie mit sicherem Erfolge weiter zu führen. Ihre nachträgliche Wiederaufnahme wurde zunächst durch meine Uebersiedelung von Berlin nach Eberswalde hinausgeschoben, dann durch meine Krankheit unmöglich gemacht; sie wird erst im nächsten Jahre wieder eintreten können.

Als nächstes Object für die Untersuchung wählte ich den Bacillus subtilis, mit welchem ich im Verlaufe meiner Pilzculturen schon seit langer Zeit

---

[1]) *Brefeld*, Ueber Bacillus. Abhandlungen der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin am 19. Februar 1878.

eine nähere, wenn auch wenig freundschaftliche Bekanntschaft gemacht hatte, und welcher nach den Angaben von *Cohn* und *Koch*[1]) in der Form völlig mit dem B. Anthracis übereinstimmen soll.

Ueber die grosse Verbreitung des B. subtilis war ich durch zahlreiche Erfahrungen unterrichtet, als ich seine Untersuchung begann. Es war mir bekannt, dass es vorzugsweise die Keime dieses Bacillus sind, welche sich in alle Culturen eindrängen und ihren Verlauf stören; es war mir auch weiter bekannt dass das gewöhnliche Mittel zur Beseitigung fremder Pilzkeime, ein Aufkochen oder Abbrühen, für die Vertilgung des Bacillus nicht ausreichend ist. Ueber das Vorkommen des Bacillus in der Natur und über seine Entwicklungsstätten ergaben bald neue Beobachtungen den gewünschten Aufschluss. Als eine schon äusserlich auffallende Erscheinung kommt der Bacillus auf dem Miste von Vegetabilien fressenden Thieren vor. Die weissen Efflorescenzen, welche die Oberfläche des Mistes häufig überziehen, sind hauptsächlich Keime, Sporen, von Bacillus. Auf Mistjauche bestehen die Häute, welche sie häufig als dicker faltiger Kahm bedecken, meistens aus den Stäbchen des Bacillus. — Auf weniger reichen Nährsubstraten ist der Bacillus äusserlich nicht sichtbar, aber unschwer durch nähere Beobachtung nachweisbar. Man kann fast sagen, dass er sich überall findet, wo organische Substanz durch Wasser aufgeweicht oder gelöst sich darbietet, dass namentlich schmutzige Orte seiner Ansiedelung günstig sind. Um seine Entwicklung zu vollenden, genügt ein einmaliges Aufweichen und langsames Abtrocknen des Substrates in der Frist von einigen Tagen. Geringe Mengen organischer Substanz in Wasser gelöst reichen schon für die Vegetation aus, die aber durch gar zu schnelles Eintrocknen wieder gehemmt wird. Nur eine saure Beschaffenheit des Substrates ist der Entwicklung des Bacillus hinderlich. — Bei den häufigen und reichen Entwicklungsheerden des Bacillus in der Natur ist es unvermeidlich, dass seine kleinen Keime, sobald sie ausgetrocknet sind und verstäuben können, eine überaus weite Verbreitung finden. Sie sind in der Luft und in dem Staube, der sich gesenkt hat, auf das leichteste nachweisbar. Sie haften an der Oberfläche beliebiger Gegenstände, welche frei und offen an der Luft gestanden haben. Es genügt schon eine Abkochung von oberirdischen

---

[1]) *Cohn*, Beiträge zur Biologie, die Aufsätze über die Spaltpilze in den verschiedenen Heften der Zeitschrift, namentlich Band II, Heft II, Tafel XI.

Pflanzentheilen, von Heu etc. während der Dauer von 5 Minuten, um in dem Decocte, falls es nicht zu sauer reagirt, ohne jede Aussaat eine fast reine Cultur von Bacillus zu gewinnen. Auf seiner Oberfläche erscheint bald ein dünnes bewegliches Häutchen, bestehend aus dichten Massen einzelner Stäbchen, die oft der Länge nach zu Scheinfäden verbunden und durch lose seitliche Verklebung zu bandartigen Strängen zusammengelagert sind (Fig. 1 und 2 Taf. I). Die Haut wird dicker und faltig und senkt sich, wenn die Nährstoffe verzehrt sind, als ein weisser Niederschlag zu Boden, der nun aus dichten Massen von Sporen besteht, welche sich inzwischen in den Stäbchen ausgebildet haben (Fig. 10).

Um die Lebensgeschichte des Bacillus sicher zu ermitteln, ist es nothwendig, den Gang der Entwicklung aus einem einzigen Keime durch lückenlose Beobachtung herzuleiten. In den früher beschriebenen Kammern (Holzschnitt Fig. 4 *a*—*c* der ersten Abhandlung dieses Heftes) ist diese Beobachtung trotz der Kleinheit der Keime und der beweglichen Zustände, welche sie häufig annehmen, leicht auszuführen. Die in dünnen Flüssigkeitsüberzügen fixirten Keime bieten sich auf der Innenfläche der Kammer klar und ungestört der Beobachtung dar, und es gelingt mühelos diese tagelang fortzusetzen und von Spore zu Spore zu Ende zu führen.

In seinen vegetativen Zuständen hat der Pilz die Form von kleinen cylindrischen Stäbchen (Fig. 4 und 15), welche gewöhnlich etwa 2 — 3 mal so lang als breit sind. An einem einzelnen Stäbchen, welches man eingestellt hat, sieht man, wie es ohne seinen Durchmesser zu ändern, zur doppelten Länge heranwächst. Darauf erfolgt in der Mitte des Stäbchens eine Gliederung, durch welche es in zwei Tochterstäbchen zerfällt. Jedes durch Theilung entstandene junge Stäbchen wächst wiederum zur doppelten Länge heran, um sich abermals zu theilen. In dieser Weise folgen Wachsthums- und Theilungsvorgänge in den neu entstandenen Generationen so lange auf einander, bis die Hülfsmittel der Nährlösung erschöpft sind (Fig. 12—14).

Die Zeitdauer von der einen bis zur nächsten Theilung beträgt bei 17° R. (Lufttemperatur) 5/4 Stunden. — Das Wachsthum erfolgt nicht an einem der beiden Enden des Stäbchens durch localisirtes Spitzenwachsthum, sondern intercalar. Weil die Wachsthums- und Theilungsvorgänge der Stäbchen stets nach

derselben Richtung fortdauern, so ist es ganz natürlich, dass aus einem Stäbchen in fortgesetzter Theilung, wenn die Glieder nicht zerfallen, eine fadenartige Verbindung von Stäbchen, ein Scheinfaden, entsteht (Fig. 13), welcher bald durch Verschiebung in zickzackförmigen Einknickungen seine Zusammensetzung aus Stäbchen deutlich zeigt, bald äusserlich nicht erkennen lässt (Fig. 19). Oft zerfallen diese, von einem gewöhnlichen Pilzfaden äusserlich nicht unterscheidbaren Scheinfäden plötzlich in kettenartige Glieder d. h. in die Stäbchen, welche sie zusammensetzen.

Bei einer Massenentwicklung nehmen diese Scheinfäden, nebeneinander liegend und sich zusammenschiebend, ein strang- oder bandförmiges Ansehen an (Fig. 1 und 2) und bilden sich in dem Maasse, als die Vermehrung fortschreitet, zu den vorher erwähnten, faltigen Häuten an der Oberfläche der Nährlösungen aus.

Es mag bemerkt sein, dass die Glieder eines Scheinfadens nicht immer gleich lang erscheinen (Fig. 11—15). Dies hat darin seinen Grund, dass in den consecutiven Generationen der Stäbchen, welche zum Faden verbunden bleiben, die Theilungen nicht mehr genau zeitlich zusammenfallen, dass also die Stäbchen, welche die doppelte Länge haben, dicht vor der Theilung stehen, andere welche, nur halb so lang sind, diese eben vollzogen haben. — Während der Theilungsvorgänge haben alle Stäbchen ein gleichförmiges Ansehen, weder eine Membran noch eine Differenzirung im Inhalte sind deutlich zu unterscheiden.

Die Stäbchen können, wie es scheint zu beliebiger Zeit während der Vegetation, den Schwärmerzustand annehmen. Sie schwärmen in den Nährlösungen oft lebhaft umher. Die Bewegungen sind mehr schlangenartig und horizontal als vertical und tanzend. Während der Bewegung dauern Wachsthum und Vermehrung allem Anscheine nach ungestört fort, wenigstens trifft man vielfach gegliederte Stäbchen, Scheinfäden bildend, in lebhafter Bewegung an (Fig. 3). An letzteren haben die einzelnen Glieder eine ungleiche Länge, woraus hervorgeht, dass deren weitere Theilungen nicht genau zeitlich zusammenfallen. Bei den Bewegungen kann bald das eine, bald das andere Ende nach vorn gerichtet sein. Diese Thatsache wird auf das bestimmteste an solchen Stäbchen erwiesen, welche aus den gleich zu beschreibenden Dauersporen keimen, und bald nach

der Keimung zu schwärmen anfangen; sie haben die leere Sporenmembran bald nach hinten gerichtet, bald nach vorn (Fig. 3). Es erhellt aus diesen Beobachtungen weiter, dass die beiden Enden eines Stäbchens nicht verschieden, also Vorder- und Hinterende an ihnen nicht zu unterscheiden sind.

Durch Reagentien, die schon *Koch*[1]) mit Erfolg angewandt hat, kann man sich leicht überzeugen, dass ein schwärmendes Stäbchen hinten und vorn eine Geissel trägt. Um sie sicher zu sehen, muss man Culturen wählen, die reich an Schwärmzuständen sind. Man lässt sie erst eintrocknen und weicht sie dann mit einer Lösung etwa von Hämatoxylin wieder auf. Nun sind die Geisseln deutlich sichtbar, sie haben eine ziemliche Länge und meist eine schweineschwanzartige Windung (Fig. 3). Soweit meine Erfahrungen reichen, sind die Schwärmzustände von Bacillus in Flüssigkeiten überhaupt häufig, namentlich aber dann, wenn die Nährlösungen weniger zusagen und Störungen eingetreten sind durch andere Bacterien.

Zu der Zeit, wo die Nährlösung der Erschöpfung entgegen geht, wird die Bildung der Sporen eingeleitet, welche den ersten Vorgängen des Wachsthums und der Theilung als eine ablösende Erscheinung folgt. — Sobald die Sporenbildung in den Stäbchen anhebt, zeigt sich an einer Stelle, welche meistens der Mitte zu gelegen ist, ein dunkler Schatten, welcher um so deutlicher hervortritt, als die umliegenden Partieen gleichzeitig heller werden (Fig. 5, 7 und 16). Es hat den Anschein, als ob die Substanzmasse des Stäbchens sich an einer Stelle ansammle. Mitunter zeigt diese Stelle eine deutliche Anschwellung, wodurch sie sich schärfer im Verlaufe des Stäbchens abhebt; die Anschwellung kann aber bei schlecht ernährten Culturen so schwach sein, dass sie kaum oder gar nicht zu bemerken ist. Die bezeichnete Stelle wird zur Spore, wenn der Process der Ansammlung der Substanz des Stäbchens in ihr sein Ende erreicht hat. Die Spore erscheint nun als ein Knötchen von dunklem stark lichtbrechendem Ansehen in den matt gewordenen Contouren des Stäbchens (Fig. 6 u. 7). Ihre Lage ist häufig in der Mitte, mitunter aber auch mehr oder minder nach den Enden des Stäbchens verschoben. In den Scheinfäden erfolgt die Ausbildung nicht an allen Punkten gleichmässig, es können in einem Faden verschiedene

---

[1]) Die Geisseln des schwärmenden Bacillus sind von *Koch* in photographischen Bildern dargestellt worden. Beiträge zur Biologie von *Cohn*, Bd. II, Tafel XIV.

Entwicklungsstadien der Sporen in den einzelnen Gliedern auftreten[1]) (Fig. 5 bis 7 und 16 u. 17).

Sogleich mit der vollendeten Ausbildung der Sporen beginnt die Auflösung der Stäbchen, soweit sie an der Sporenbildung nicht betheiligt sind. Sie werden allmählich undeutlich und vergehen bald vollständig. Normaler Weise geschieht dies schnell und die Sporen sind schon nach Verlauf eines Tages frei; in anderen Fällen, vielleicht von der Nährlösung und dem langsameren Verlauf der Sporenbildung beeinflusst, bleiben die Rudimente der Stäbchen für längere Zeit um die Sporen bestehen (Fig. 8, 9 u. 18).

Die isolirten Sporen haben eine längliche Gestalt, ihre Länge beträgt 0,0012 Mm., ihre Breite 0,0006 Mm., von oben gesehen erscheinen sie rund. Das dunkle stark lichtbrechende Ansehen, welches sie mit der Reife annehmen, bleibt später unverändert. Um den dunklen Kern der Spore zeigt sich ein lichtheller Hof, welcher grösser erscheint, wenn die Sporen längere Zeit in Wasser gelegen haben (Fig. 10 u. 18). Die Vermuthung, dass dieser Hof nicht eine blosse optische Erscheinung sein möchte, wird durch die Beobachtung gestützt, dass die Sporen, wenn sie zu vielen zusammenliegen, sich nicht unmittelbar berühren, sondern durch den hellen Hof getrennt bleiben. In Massenculturen bilden die Sporen einen weissen Niederschlag in den erschöpften Nährlösungen, in Massen gesammelt stellen sie ein weissgraues Pulver dar.

Durch eine Reihe von Reagentien erfahren die Sporen kaum sichtbare Veränderungen z. B. durch Jod und Chlorzinkjod, welches ich mehrere Tage einwirken liess, ferner durch Aether und Chloroform, worin ich die Sporen wochenlang aufbewahrte und während dieser Zeit öfters aufgekocht habe. Die Vermuthung von *Cohn*, dass der dunkle Kern aus Fett bestehe, ist demnach unzutreffend. Durch eine Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure werden die Sporen sehr hell, aber in der Mitte deutlich heller als an den beiden Polen. Sie verbrennen bis auf minimale Reste vollständig, bestehen also, in Uebereinstimmung mit anderen Sporen, aus verbrennlicher organischer Substanz.

---

[1]) Die Sporen des Bacillus sind wahrscheinlich zuerst von *Trécul* gesehen worden, später haben *Billroth, Cohn, Koch* und *Warming* sie abgebildet. *Cohn* hat ihre Bildung am ausführlichsten (l. c. der Beiträge) beschrieben, ebenso auch die vegetativen Zustände und die Vermehrung der Stäbchen.

Die Bildung der Sporen in den Stäbchen ist eine allgemeine und regelmässige, wenn der Pilz auf Nährlösungen in Form einer Haut lebt; diese geht ihrer ganzen Masse nach in Dauersporen über und sinkt zu Boden. Vegetirt der Pilz im Innern der Flüssigkeit, wo er nicht in Form einer Haut direct mit der Luft in Berührung treten kann, so behalten die Stäbchen wohl etwas länger den schwärmenden Zustand bei und die Sporenbildung in ihnen erfolgt langsamer. Wesentlich gestört, sogar gehemmt wird die Bildung der Sporen aber dort, wo andere Bacterienkeime verunreinigend in den Nährlösungen aufgetreten sind; die Bildung einer Haut an der Oberfläche kommt dann nicht zu Stande (Fig. 7).

Die Sporen des Bacillus sind unmittelbar nach ihrer Bildung keimfähig. Ihre Keimung ist von *Cohn* und *Koch*[1]) direct beobachtet, in allen Einzelheiten beschrieben und abgebildet worden. Nach der Zeichnung und Beschreibung der genannten Autoren hebt sich eine neue Membran mantelartig von der Spore ab, der dunkle Kern löst sich innerhalb dieser Membran zu neuem Inhalte auf, und bis er langsam unter den Augen der beiden Beobachter verschwunden ist, erlangt das neugebildete Stäbchen die normale Gestalt des Bacillus wieder. Diese Beobachtungen haben bald einen dritten Gewährsmann gefunden, der sich ihnen angeschlossen hat. Ein seltsames Missgeschick, den Beobachtungen anderer zu folgen, wenn sie nicht richtig sind, scheint die mycologischen Forschungen des Herrn *van Tieghem*[2]) hartnäckig zu begleiten; denn leider steht es mit dieser neuen Beobachtung nicht anders als mit anderen älteren dieses Autors, z. B. mit den Fruchtformen des Mucor Mucedo von *de Bary*[3]), mit dem Befruchtungsvorgange bei den Basidiomyceten von *Reess*: — sie ist unrichtig, wie es diese erwiesener Massen[4]) sind. Der wirkliche Vorgang der Sporenkeimung ist ein durchaus anderer, wie er von den drei Autoren beobachtet ist. Schon die Darstellung ist so unwahrscheinlich wie möglich, weil hiernach die Keimung der Bacillus-Sporen von anderweit bekannten Sporenkeimungen abweichen würde, sie

---

[1]) *Cohn,* Beiträge zur Biologie, Bd. II, Heft II. Taf. XI.

[2]) *Van Tieghem,* sur le Bacillus amylobacter, Bulletin de la société botanique de France. Tome 24. 1877.

[3]) *de Bary*, Beiträge zur Morphologie der Pilze, II. Reihe, und *Brefeld* I. Heft der Schimmelpilze.

[4]) Schimmelpilze III. Heft. Basidiomyceten.

lässt keine andere Beurtheilung zu, als die, dass alle drei Beobachter den wirklichen Keimungsact gar nicht gesehen haben, der sich höchst charakteristisch und in allen Fällen übereinstimmend vollzieht und keiner Missdeutung fähig ist.

Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur geht die Keimung der Sporen nur langsam vor sich, es dauert oft einen halben Tag und länger, bis sie eintritt. Bei höherer Temperatur geht es schneller, am schnellsten aber, wenn die Sporen in der Nährlösung fünf Minuten gekocht und langsam abgekühlt werden; in solchen Fällen zeigen sich schon nach 2—3 Stunden die Anzeigen der Keimung.

Die ersten Veränderungen, welche die Dauersporen mit eintretender Keimung erfahren, bestehen in dem Verluste ihres dunklen Ansehens; gleichzeitig damit verschwindet der lichte Hof, und es tritt in der Mitte der sich etwas vergrössernden Spore eine hellere Zone auf. Diese wird allmählich grösser und darauf verliert die Spore ihre gleichmässige Rundung (Fig. 11 *a* und *b*). An der einen Seite erscheint eine deutliche Ausbuchtung, an deren Spitze sich der Inhalt der Spore ansammelt. An eben dieser Stelle erfolgt die Oeffnung der Sporenmembran, aus welcher der Keimling hervortritt und sich mehr und mehr zur Form eines Stäbchens verlängert (Fig. 11 *c*). Es bleibt mit seinem hinteren Theile in der Oeffnung der entleerten Sporenmembran stecken, welche ihm in Form einer Blase anhängt.

Der gesammte Inhalt der Spore geht in die Bildung des auskeimenden Stäbchens auf, nur die Sporenhaut, wahrscheinlich das Exosporium, wird abgestossen. Die Keimung der Sporen entspricht hiernach, wie vorherzusehen war, den Keimungsvorgängen, die von anderen Sporen bekannt sind, und wir dürfen, diesen analog, vermuthen, dass die Sporen mit doppelten Membranen ausgerüstet sind, von welchen die äussere als Schutzmembran abgesprengt, die innere, die man nicht direct sehen kann, zur Membran des Keimlinges wird.

Das abgestossene Exosporium hängt dem Keimstäbchen anfangs ziemlich fest an (Fig. 11—13); es ist oft nach der Bildung vieler neuer Stäbchengenerationen noch deutlich zu erkennen, begleitet selbst die ausschwärmenden Stäbchen auf ihren Wanderungen, bald die Spitze, bald das Ende des schwärmenden Stäbchens oder der schwärmenden Stäbchencolonie einnehmend (Fig. 3). Im

weiteren Verlaufe verändert die nur mehr lose anhaftende Sporenhaut ihre Stellung zum Stäbchen und fällt endlich ab (Fig. 14). Die abgestossene Hülle zeigt in der Ausbildung ihrer ziemlich dicken Membran keine Gleichmässigkeit. Sie erscheint an den beiden Enden dunkler als in der Mitte (Fig. 11 *d*). Dass sie hier dünner ist, lässt sich auch schon mit Wahrscheinlichkeit aus dem Umstande schliessen, dass die Auskeimung stets im Aequator der Spore und niemals an den Polen stattfindet. Die Keimöffnung liegt daher immer seitlich. Ich habe sie bei der Kleinheit des Objectes von oben nicht deutlich sehen können; nach der Seitenansicht (Fig. 11 d_3) hat sie die Form eines rundes Loches mit ausgebogenen Rändern. — Von dem hellen Hofe, welcher die Spore umgibt, ist an der leeren Hülle nichts mehr zu sehen, der Hof verschwindet schon mit den ersten Anzeichen der Keimung. Diese Beobachtungen sprechen für eine Vermuthung, dass der Hof nur eine optische Erscheinung und wohl nicht substanzieller Natur sein dürfte[1]).

Da der Ort der Auskeimung eines Stäbchens aus der Spore ein bestimmter und stets seitlich in der Mitte der länglichen Spore gelegen ist, so folgt von selbst, dass die Stellung des Stäbchens zur Spore ebenfalls eine bestimmte sein muss. Das Stäbchen steht immer senkrecht auf der Längsaxe der Spore. Die

---

[1]) In einer Arbeit von *Prażmowsky* (Entwicklungsgeschichte und Fermentwirkung einiger Bacterien-Arten, Leipzig 1880), worin meine Beobachtungen über den B. subtilis bestätigt werden, findet sich p. 50 eine Stelle, nach welcher ich den Lichthof der Sporen für eine dritte Membran (Episporium?) angenommen haben soll. Einer von den Referenten der Botanischen Zeitung, *Poulsen*, hat daraufhin in einem Referate dieser Zeitschrift über die Arbeit von *Prażmowsky* aus dem Episporium mit dem Fragezeichen »eine Art Epispor« gemacht und hinzugefügt, dass der Hr. *Prażmowsky* meine Annahme eines solchen Epispors als durchaus unzutreffend erwiesen habe, »der helle Hof sei nur eine optische Erscheinung« (Bot. Zeitung, Jahrgang 38, p. 524 u. 525). — Jeder sorgfältige Leser meiner citirten vorläufigen Mittheilung über B. subtilis wird aus derselben ersehen, dass es sich mit der »Widerlegung des Epispors durch *Prażmowsky*« nicht um eine Angabe handelt, welche ich gemacht habe, sondern um eine subjective Auslegung von *Prażmowsky* und um eine unrichtige Wiedergabe dieser Auslegung von *Poulsen*. Wenn ich vermuthet habe und noch vermuthe, dass der Lichthof substanzieller Natur sei, (und darauf beschränkt sich meine Aussage in der Mittheilung p. 4—7), so kann es sich doch in dieser Bemerkung, da ich das Exosporium der Sporen an einer anderen Stelle zuerst nachgewiesen und auf das bestimmteste bezeichnet habe, höchstens noch um einen gallertartigen Ueberzug handeln, der so dünn ist, dass man ihn nicht direct sehen, sondern nur durch den Lichtglanz der Sporen wahrnehmen kann. Die Existenz eines solchen Gallerthofes um die Sporen hat nun aber *Prażmowsky* nicht bloss nicht widerlegt, er hat ihn vielmehr auch vermuthungsweise für vegetative Zustände angenommen.

Längsaxe der Spore entspricht wiederum der Längsaxe des Stäbchens, in welchem sich die Spore bildet, und hieraus folgt weiter, dass eine Kreuzung der Wachsthumsrichtungen bei den von der Sporenbildung jeweils unterbrochenen Stäbchengenerationen eine allgemeine Regel ist (Fig. 5—14).

Die aus den Sporen keimenden Stäbchen sind genau dieselben wie diejenigen, von welchen wir ausgingen und in welchen wir die Sporenbildung beobachtet haben. Sie zeigen in ihrer weiteren Entwicklung dieselben Wachsthums- und Theilungsvorgänge, und dann dieselbe Art der Sporenbildung, welche ich eben beschrieben habe. —

Um den Gang der Entwicklung in geschlossener Folge zu betrachten, ist es am bequemsten von den Sporen auszugehen. Ich habe dies häufig gethan und mehrere Fälle mit genauer Angabe der Zeit abgebildet; in Fig. 12—18 ist die Beobachtung in lückenloser Folge während der Dauer von mehreren Tagen dargestellt. In den Kammern wird in der Regel schon in Tagesfrist der dünne Ueberzug von Nährlösung erschöpft; damit hört Wachsthum und Vermehrung der Stäbchen auf, und es beginnt von Neuem die Bildung der Sporen. Sie sind nach 9 Stunden in den Stäbchen deutlich zu erkennen und nähern sich der letzten Ausbildung; nach weiteren 12 Stunden sind die entleerten Stäbchen bis auf die Dauersporen verschwunden, und als Endresultat bleiben die neuen Dauersporen zurück genau in der Lage, welche die Stäbchen oder die zu Stäbchen zerfallenen Scheinfäden vor der Sporenbildung einnahmen (Fig. 16—18).

In den dünnen Flüssigkeitsüberzügen der Kammer verläuft die Entwicklung, ohne dass ein Schwärmerzustand durchgemacht wird, schnell und normal. Der ausgiebige Luftzutritt dürfte hierfür nicht ohne Bedeutung sein. Säet man viele Sporen in einem fast gefüllten Kölbchen aus, kocht dann die Nährlösung mit Sporen einige Minuten auf, so erhält man schöne Culturen und kann die Auskeimungen zu Hunderten in einem Gesichtsfelde gleichzeitig beobachten. Hier sieht man, wie das Ausschwärmen in allen Stadien nach eben beendeter Keimung eintritt und dann sein Ende erreicht, wenn die Schwärmer an der Oberfläche angelangt sind und hier eine Haut bilden.

Verdünnt man die Nährlösungen allmählich, nachdem die Keimung eingetreten ist, so wird die Entwicklung verlangsamt und die Sporenbildung oft weit hinausgeschoben. Ich habe in solchen Fällen noch nach Wochen lange dünne

Scheinfäden von Stäbchen angetroffen, in welchen ich die einzelnen Glieder kaum oder gar nicht, auch mit Reagentien nicht, unterscheiden konnte. Die Bildung der Sporen war vereinzelt in den Fäden eingetreten, welche ein rosenkranzförmiges Ansehen hatten.[1])

Das heisse Wetter, welches zufällig meine Beobachtungen begleitete, habe ich benutzt, um den Einfluss der Temperatur auf die Schnelligkeit der Entwicklungsvorgänge zu notiren. Ich fand, dass bei 24° R. (Lufttemperatur) alle halbe, bei 20° alle ¾, bei 15° alle 1½, bei 10° alle 4—5 Stunden eine Theilung der Stäbchen stattfindet; unter 5° war die Vegetation eine äusserst langsame. — Die Sporenbildung nahm bei 24° etwa 12 Stunden, bei 18° einen Tag, bei 15° 2 Tage und bei 10° mehrere Tage in Anspruch; unter 5° habe ich sie nicht mehr eintreten sehen. — Der Kreislauf der Entwicklung des Bacillus kann sich demnach bei 24° in 24—30 Stunden vollziehen, erfordert bei 20° schon 2 Tage und bei 15° 4—5 Tage.

Die charakteristischen Merkmale des Bacillus subtilis sind vorzugsweise in der Bildung der Sporen und in ihrer Keimung gegeben, weniger in den vegetativen Zuständen, welche er mit anderen Formen von Bacillus und auch anderweiten Spaltpilzen theilt[2]). Ich will einige von diesen kurz berühren, soweit meine Untersuchungen reichen.

Eine vielleicht von *Koch*[3]) beschriebene Form, die ich häufig mit dem B. subtilis untermischt antraf, bildet ihre runden Sporen stets an dem einen Ende des Stäbchens, welches etwas dünner und länger ist wie das von B. subtilis. An der Stelle des Stäbchens, wo die Sporenbildung eintritt, zeigt sich eine beträchtliche Erweiterung, ein sporentragendes Stäbchen bekommt hierdurch die Form

---

[1]) In schlecht ernährten Culturen nehmen die Sporen nicht immer den ganzen Querdurchmesser des Stäbchens ein, sie liegen dann sichtbar frei im Stäbchen. Nach dem Verwelken und Vergehen der Rudimente des Stäbchens rings um die gebildete Spore lässt sich vermuthen, dass die Sporenbildung auch in den Fällen eine freie ist, wo die Sporen, soviel man sehen kann, den Durchmesser des Stäbchens oder die zur Sporenbildung etwas erweiterte Stelle ganz ausfüllen.

[2]) Ich habe natürlich nicht unterlassen, den Bacillus in möglichst verschiedenen Nährlösungen zu cultiviren, um die Constanz der eben angeführten morphologischen Charaktere zu prüfen. Aber weder hierbei noch bei monatelang fortgesetzter Reihencultur habe ich eine andere Veränderung gefunden als die, dass die Schwärmerzustände mitunter ausblieben und die Dicke der Stäbchen nicht immer dieselbe blieb.

[3]) *Koch,* Verfahren zur Untersuchung, zum Conserviren und Photographiren der Bacterien. Beiträge Bd. II. Heft III. Tafel XV. Fig. 1.

einer Keule. Die Sporen keimten nicht, wenn sie gekocht waren. Eine bestimmte Keimungsstelle, durch welche der B. subtilis so scharf charakterisirt ist, giebt es bei den runden, allseitig gleichmässig ausgebildeten Sporen nicht, sie keimen, wie man an Sporen, welche die Rudimente des Stäbchens zur Orientirung noch an sich tragen, deutlich sieht, an beliebigen Stellen aus. Es ist mir aber nicht gelungen, in consecutiven Generationen den sicheren Beweis zu führen, dass die Form eine constante ist wie die von Bacillus subtilis. Die Reinheit der Culturen wurde immer wieder gestört durch den B. subtilis, der sich überall eindrängte.

Bei einer dritten Form, welche ich auf Mist und in Auszügen von Mist, die nicht ausgekocht waren, zu wiederholten Malen angetroffen habe, aber auch nicht für Reihenculturen lange genug rein erhalten konnte, bilden sich die Sporen deutlich frei in den Stäbchen. Diese sind länger und dicker wie die Stäbchen von B. subtilis. Die Sporen treten an einem Ende innerhalb einer beträchtlichen Erweiterung des Stäbchens auf; hierin hat die Sporenbildung Aehnlichkeit mit der vorigen Form. Die reifen Sporen sind nicht rund, sondern länglich wie die von B. subtilis, aber den vegetativen Zuständen entsprechend etwas grösser.

Eine ebenfalls vollkommen freie Zellbildung habe ich bei zwei anderen Formen angetroffen, deren kurze dicke Stäbchen zu Fäden, scheinbar mit Scheidewänden durchsetzt, verbunden blieben. Bei der einen Form blieben die Fadenglieder cylindrisch, bei der anderen wurden sie spindelförmig, an der einen Seite weiter wie an der anderen, wenn die Sporenbildung eintrat. Beide Formen haben längliche Sporen, ähnlich aber viel grösser wie die von B. subtilis[1]).

Versuche über die Keimung der Sporen und die Reincultur der Formen wurden durch die Invasion von B. subtilis vereitelt und daher vorläufig verschoben.

Ausser diesen Sporen bildenden Formen habe ich verschiedene andere angetroffen, die, soweit meine Beobachtungen reichen, keine Sporen ausbildeten. Sie sind viel grösser wie die früheren und bilden häufig Colonien von Stäbchen und Scheinfäden, welche durch einen dicken Schleim zusammengehalten werden

---

[1]) Wahrscheinlich sind auch diese und die vorige Form von anderen Autoren schon beschrieben und abgebildet unter der Bezeichnung Bacillus Ulna, Clostridium butyricum, Bacillus amylobacter etc. von *Cohn, van Tieghem* und *Prażmowski*; letzterer hat die Sporen von einer Form, die er Clostridium butyricum genannt hat, seitlich auskeimen sehen, l. c. seiner Arbeit über einige Bacterien-Arten Taf. II. Fig. 4.

und die Grösse eines dicken Nadelknopfes erreichen. Ich zweifle nicht, dass einzelne von ihnen mit den Formen übereinstimmen, welche *Cienkowski*[1]) beschrieben und abgebildet hat. So lange die Culturen rein blieben, zeigten sich die Formen constant, sie vermehrten sich reichlich durch Theilung, ohne jemals Sporen zu bilden.

Die weitere Fortsetzung der Untersuchungen stiess in dem finsteren staubigen Arbeitsraume, der mir zur Verfügung stand, auf unüberwindliche Hindernisse. Aus diesem Grunde musste auch ein weiterer Auftrag des landw. Ministeriums, nunmehr die Untersuchung des Bacillus Anthracis auszuführen, vorläufig verschoben werden. Bei der Formübereinstimmung des Milzbrandpilzes mit dem Bacillus subtilis war an eine exacte Durchführung der Untersuchung, namentlich auch eine sichere Entscheidung darüber, ob hier eine specifische Form, oder nur der B. subtilis vorliege, der unter Umständen in B. Anthracis übergeht, nicht zu denken in dem staubigen Raume, in welchem eben erst die Untersuchung des B. subtilis beendet und kaum noch eine Pilzcultur möglich war, ohne dass seine Sporen sich eindrängten. Meine Vorstellungen und Anträge für die erforderlichen Hülfsmittel und für einen geeigneten reinen Arbeitsraum, um die Untersuchung des B. Anthracis vornehmen zu können, haben zunächst eine weitere Berücksichtigung nicht gefunden, bis ich es vorzog, das traurige Local, in welchem ich mich 4 Jahre abgemüht hatte, mit einem anderen ausserhalb Berlin zu vertauschen.

Meine Absicht, die Untersuchung der Bacterien in weitem Umfange nach den beim B. subtilis erfolgreich angewandten Beobachtungsmethoden fortzusetzen, wurde bald nachher durch äussere Umstände, dann durch die unheilvolle Augenentzündung weiter hinausgeschoben. Damit ist zugleich mein ursprünglicher Plan vereitelt worden, dieser ersten und darum besonders ausführlich dargelegten Untersuchung über den B. subtilis die Lebensgeschichte weiterer Bacterienformen auf einer zweiten Tafel in kürzerer Fassung anzuschliessen. Die Abbildungen der ersten Tafel gelten bis auf die Schwärmerzustände in Figur 3 ohne Weiteres für den Bacillus Anthracis, dessen Ursprung vom B. subtilis und dessen Rückführung in diesen von *Buchner* inzwischen exprimentell erwiesen ist.

---

[1]) *Cienkowski*, Zur Morphologie der Bacterien, Mémoires de l'Académie impériale de St. Petersbourg. Série VII. Tome 25. Nro. 2.

Die Reihe der Formgestaltungen, welche der B. subtilis in seinem Entwicklungsgange durchläuft, sind nicht minder bestimmte, wie diejenigen, welche wir von anderen niederen Thallophyten kennen. In den Formen des vegetativen Lebens, in der Bildung der Sporen, in ihrer Form und Structur und namentlich in dem Acte ihrer Keimung sind scharf ausgeprägte morphologische Charaktere gegeben. Die weiteren Beobachtungen an anderen Formen sind freilich nicht abgeschlossen, sie gewinnen aber an Werth durch den Vergleich mit dem B. subtilis und lassen, soweit sie und weitere Angaben von *Prazmowski*[1]) reichen, den Wahrscheinlichkeitsschluss zu, dass auch bei ihnen die Formausbildung eine ähnlich charakteristische ist, wie beim B. subtilis.

Die zunehmende Kleinheit und Einfachheit der Organismen bringt es naturgemäss mit sich, dass die Formgestaltungen und die morphologischen Charaktere immer engere werden, und dass schliesslich eine Grenze erreicht wird, wo es mit unseren Hülfsmitteln zu Ende geht, wo eine Unterscheidbarkeit der Formen nicht mehr möglich sein wird. Bei den grossen Formen der Spaltpilze sind wir von einer solchen Grenze noch weit entfernt; hier ist die Begrenzung von Formen, die morphologisch scharf unterscheidbar sind, ebenso gut möglich, wie bei den übrigen Thallophyten. Wie weit aber diese Unterscheidbarkeit der Formen nach den einfachen und den kleinsten der jetzt lebenden Spaltpilze hinabreicht, kann allein durch weitere Untersuchungen bestimmt werden.

Eine frühere Auffassung von *Nägeli*[2]) über die Formenausbildung und Formenbegrenzung bei den Spaltpilzen im Allgemeinen dürfte nach den bei den Bacillus-Formen vorliegenden Thatsachen inzwischen bereits eine Aenderung bei dem Autor selbst erfahren haben, und sich nicht mehr weiter erstrecken, als auf die eben speciell berührten Formen, bei welchen die Unterscheidbarkeit mit unsern derzeitigen Mitteln aufhört, und weiter auf die Formen, welche *Cohn*[3]) und andere Autoren auf Grund physiologischer Verschiedenheiten getrennt und benannt haben.

Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese Unterscheidungen der Formen Bestand haben werden, vielmehr wahrscheinlicher, dass ein und dieselbe Form nach

[1]) *Prazmowski* l. c. seiner Arbeit über Bacterien, wo die Keimung einer Form aus einem Längsende der Sporen beschrieben ist.

[2]) *Nägeli*, Niedere Pilze, München 1877 p. 20—24.

[3]) *Cohn* l. c. der Beiträge zur Biologie.

besonderen Umständen, nach der Beschaffenheit des Substrates, nach äusseren Lebensverhältnissen etc. vorübergehende physiologische und namentlich pathologische Eigenschaften annehmen kann. Hierüber werden experimentelle Untersuchungen entscheiden müssen, die bereits in einem Falle beim Bacillus Anthracis gemacht sind, der in weiteren Generationen von *Buchner*[1]) in unwirksamen B. subtilis übergeführt und umgekehrt aus dem B. subtilis wieder dargestellt worden ist.

Uebrigens hat *Cohn* für seine Formunterscheidungen nur einen vorläufigen Werth beansprucht und z. B. die Formengleichheit des B. Anthracis und des B. subtilis nachdrücklich betont. Wenn nun *Cohn* nach *Nägeli* in der Unterscheidung der Formen der Spaltpilze überhaupt zu weit gegangen ist, so fällt auf *Nägeli* der entgegengesetzte Einwand zurück, dass er nämlich nicht weit genug gegangen und die Grenzen der Unterscheidbarkeit der Formen zu eng gesetzt hat. — Von *Cienkowski*[2]) möchte ich vermuthen, dass er seit der Publikation seiner Arbeit über Bacterienformen dieselben Resultate über Bacillus subtilis (und andere Formen) gewonnen hat, welche ich vor drei Jahren veröffentlicht habe.

Die Untersuchung der Spaltpilzformen muss nach den gegebenen Methoden entwicklungsgeschichtlich in weitem Umfange neu in Angriff genommen werden, wenn eine natürliche Systematik bei ihnen begründet werden soll. Die vorläufigen Einzelheiten reichen dafür auch nicht von Ferne aus.

Die freie Sporenbildung bei den Spaltpilzen entspricht den Formen der Sprosspilze, welche nur eine Spore ausbilden; dagegen sind die Abweichungen in den vegetativen Zuständen: dem intercalaren Wachsthum bei den Spaltpilzen, und dem localisirten Vegetationspunkte bei den Sprosspilzen, bedeutende und allgemeine. — Den Fadenpilzen sind Sprosszustände, den Sprosscolonien der Sprosspilze ähnlich, vielfach eigen, sie lassen sich sogar in bestimmten Substraten und unter bestimmten Umständen methodisch ziehen[3]). Diese Sprosscolonien entstehen als verkürzte Fadensprosse durch ein schnelles Erlöschen des localisirten

---

[1]) *Buchner*, Ueber die experimentelle Erzeugung des Milzbrandcontagiums aus den Heupilzen, Sitzungsberichte der k. b. Akademie der Wissenschaften in München, 7. Februar 1880.

[2]) *Cienkowski* l. c. der Abhandlung zur Morphologie der Bacterien.

[3]) z. B. beim Mucor racemosus, *Brefeld*, Ueber Gährung III, Tafel I in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern, V. Jahrgang.

Vegetationspunktes und das Auftreten von anderen neuen; sobald dieser fortdauert und hinter ihm neue auftreten, erhalten wir die Fäden und die Fadensysteme der Hyphomycetes[1]).

In den Reinculturen des B. subtilis war die Möglichkeit gegeben für weitere physiologische Versuche, aus denen ich einige Notizen über die Widerstandsfähigkeit der Bacillus-Sporen gegen äussere Einflüsse beifügen will.

Es wurde schon angeführt, dass die Sporen durch die Siedehitze nicht bloss nicht getödtet, vielmehr zur schnelleren Auskeimung angeregt werden. Nach ¼stündigem Aufkochen in Nährlösung keimten die Sporen schon nach kurzer Zeit sämmtlich aus. Wurden sie ½ Stunde gekocht, so keimte noch der grösste Theil von ihnen; nach 1stündigem Kochen war dieser Theil ein geringerer; nach 3stündigem Kochen habe ich keine Keimungen mehr beobachtet. Die Masse der durch Kochen getödteten Sporen sah etwas matter aus wie sonst, anderweite Veränderungen konnte ich nicht sehen.

Eine weitere Versuchsreihe bei höheren Temperaturen habe ich in Oelbädern gemacht und dabei die mit Sporen versetzten Nährlösungen in dicken Röhren eingeschmolzen. Aus den mehrfach wiederholten Versuchen ergab sich, dass bei 105° schon ¼ Stunde ausreicht, die Sporen zu tödten, bei 107° habe ich nach 10 Minuten und bei 110° nach 5 Minuten langem Aufenthalte der Röhren im Oelbade keine einzige Keimung mehr constatiren können[2]).

Indem ich direct beobachtete, wie die ¼, ½ und 1 Stunde lang gekochten Sporen auskeimten, (während vor mir die wirkliche Auskeimung der Sporen überhaupt noch Niemand gesehen hatte), sind diese Beobachtungen nicht als eine blosse Bestätigung früherer Angaben von anderen Autoren z. B. *Pasteur*, *Cohn* etc. anzusehen, welche beobachtet haben, dass in ausgekochten Nährlösungen eine Vegetation von Bacillus eintritt, sondern als der unanfechtbare

---

[1]) Bei Ascomyceten kommen häufig in den vegetativen Zuständen Sprossungen vor, sie sind von *W. Zopf* ausführlich beschrieben. Conidienfrüchte von *Fumago*, Nova acta XL, Nr. 7.

[2]) Bei diesen Versuchen habe ich die ausgekochten Culturen stets wochenlang stehen lassen, um sicher zu sein, dass keine nachträglichen Auskeimungen mehr stattfinden. Die durch längeres Kochen geschwächten Keime zeigen, ebenso wie die Sporen, die man lange aufbewahrt hat, eine langsamere Auskeimung, die oft nachträglich noch eintritt, wenn man die Culturen lange genug stehen lässt. Im III. Hefte der Schimmelpilze habe ich bereits hierauf aufmerksam gemacht und einen speciellen Fall in dem Aspergillus flavus angeführt, p. 26, 2. Anmerkung.

Beweis für die Thatsache, dass es Lebewesen gibt, deren Keime durch die Siedehitze des Wassers nicht getödtet werden.

Gegen Gifte, welche andere Pilzsporen schnell tödten, sind die Bacillussporen wenig empfindlich. Starke Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd, welche man z. B. so erfolgreich gegen Brandpilze des Getreides anwendet, tödten die Bacillus-Sporen nach mehrtägigem Aufenthalte in ihnen so wenig, wie concentrirte Lösungen von Sublimat, von Carbolsäure etc.; die mit aller Vorsicht abgetrennten Sporen keimten in Bacillus-freier Nährlösung in Massen aus, als ob sie nur in Wasser gelegen hätten.

Sporen, welche 1 Jahr unter Wasser und 3 Jahre trocken aufbewahrt worden sind, haben an ihrer Keimkraft noch nichts verloren. Worin diese enorme, vorläufig fast einzig dastehende Widerstandsfähigkeit der Sporen ihren Grund hat, lässt sich, zumal bei der Kleinheit derselben, nicht entscheiden. Die Sporenhaut sieht aus wie die von andern Sporen, möglicher Weise aber hat sie andere Eigenschaften wie bei diesen, möglich auch, dass der dichte Inhalt hierbei eine Rolle spielt, oder der vermuthete Gallerthof.

Wie schwer es ist, die Sporen des Bacillus durch Agentien zu tödten, leuchtet von selbst ein; dagegen gibt es ein leichtes Mittel, ihre Entwicklung zu hemmen. Dies besteht, wie ich schon angedeutet habe, in der Anwesenheit von Säuren oder von sauren Agentien.

Durch einen Zusatz von $^1/_{2000}$ Schwefel-, Salz- und Salpetersäure zur Nährlösung war schon die Entwicklung des Bacillus gehemmt. — Von Pflanzensäuren, z. B. von Wein- oder Citronensäure reichte ebenfalls $^1/_{2000}$ Zusatz aus, um die Entwicklung zu hindern. — Säuren, welche durch Pilze erzeugt werden, wirkten weniger energisch. Bei Milch- und Buttersäure sistirte $^1/_{500}$ Gehalt der Nährlösung an Säure die Entwicklung; bei der Essigsäure $^1/_{300}$. — Carbol- und Salicylsäure verhielten sich ähnlich wie die Pilzsäuren; auch sie stehen an Wirksamkeit den Mineral- und Pflanzensäuren bei Weitem nach. — Bei Versuchen mit Ammoniak stand die Entwicklung bei $^1/_{500}$ Gehalt still. Nährlösungen, welche stark nach Carbolsäure oder nach Ammoniak rochen, zeigten noch eine lebhafte Entwicklung des Bacillus. In allen Fällen, wo die Entwicklung nicht gehemmt wird, wird auch die Bewegung des Bacillus noch nicht gehindert.

Natürlicher Weise haben diese Angaben nur einen relativen Werth. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Bacilluskeime, wenn sie durch längere Cultur

an die Säuren allmählich gewöhnt sind, einen weit höheren Gehalt von diesen in den Substraten ertragen können, ohne in ihrer Entwicklung gehemmt zu werden.

Die übrigen Bacterien verhalten sich ähnlich gegen Säuren, sie sind aber meist weniger empfindlich, wie der Bacillus. Bei ½ Procent Säure in den Nährlösungen ist schon die Entwicklung der meisten Bacterien sistirt, andere vegetiren langsam und kümmerlich; bei 1 Procent Gehalt an Pflanzen- oder Mineralsäuren habe ich überhaupt keine Bacterien-Entwicklung mehr gesehen.

Auf die grosse Wirksamkeit der Säuren, die Entwicklung der Spaltpilze zu lähmen und zu hindern, habe ich[1]) im Vergleich zu dem Verhalten der Spross- und Fadenpilze, welche vielfach in sauren Lösungen üppig vegetiren, schon vor Jahren hingewiesen; es ist dies nachträglich auch von *Nägeli*[2]) geschehen.

Wenn der Säuregehalt und die Siedehitze zusammen wirken, werden die Sporen des Bacillus leichter getödtet als sonst. Es sind aber die Angaben, dass die Bacterienkeime, welche durch die Siedehitze nicht getödtet werden, durch Aufkochen in sauren Lösungen absterben, in dieser Fassung für den Bacillus mit Vorsicht aufzunehmen. Man kann ziemlich stark sauer reagirende Lösungen mit Bacillus-Sporen kochen, ohne dass diese getödtet werden; sobald man nach dem Kochen die Säure absättigt, keimen die Sporen aus. Hier wirken die beiden Momente, die Säure und die Siedehitze, in der Art zusammen, dass leicht die Wirkungen der Säure auf die Siedehitze übertragen werden können, während die Säure auch ohne die Siedehitze die Keimung hindert.

Bei der Cultur der Pilze spielt das ganz verschiedene Verhalten der Pilzformen gegen den Säuregehalt der Nährlösungen eine besonders wichtige Rolle. Soweit es sich um die Methode zur Cultur im Kleinen für rein wissenschaftliche Zwecke handelt, habe ich dies in der ersten Abhandlung ausgeführt. Es wird sich leicht zeigen lassen, dass für die Culturen im Grossen, für die Praxis des Lebens, genau dasselbe gilt.

Die antiseptischen Mittel, die in der Medicin eine Verwendung finden, z. B. Carbolsäure, Salicylsäure, sind saure Agentien, mit welchen man die Entwicklung der Bacterien hemmen und durch sie die Processe der Fäulniss hindern

---

1) *Brefeld*, Ueber Gährung II. p. 421—23 landw. Jahrbücher, IV. Jahrgang, 2. Heft.

2) *Nägeli*, Niedere Pilze S. 49.

will. Wo es sich nicht um die Behandlung von Wunden handelt, sind für den inneren Gebrauch die wirksameren Mineral- und Pflanzensäuren schon allgemein in Gebrauch.

Für die Erhaltung unserer Nahrungsmittel wenden wir, soweit die Siedehitze zur Tödtung der Pilzkeime oder ein Austrocknen für ihre Vegetation nicht anwendbar ist, ebenfalls vorzugsweise Säuren an, z. B. beim Fleisch und bei roh eingemachten Früchten. Saure Früchte bleiben, wenn sie eingemacht sind, meist von Spaltpilzen frei, wird die Säure und der Saft durch Einkochen genügend concentrirt, so siedeln sich an der Oberfläche auch meist keine Kahm- und selten Schimmelpilze an.

In der Gährungstechnik gelingt die Reincultur der Hefe in der sauren Mostflüssigkeit, trotzdem alle möglichen anderen Pilzkeime mit eingeführt werden. In anderen künstlichen Nährlösungen, z. B. in Bierwürze, in Maische etc. vegetirt die Hefe dann am reinsten fort, wenn sie einen gewissen Gehalt an Säure besitzen. — Bei der Presshefe, welche durch Auswaschen von der anhängenden Säure der ausgegohrenen Flüssigkeit befreit worden ist, macht ein erneuter Zusatz von Mineral- oder besser von Fruchtsäuren die unvermeidlich beigemengten Spaltpilze mehr oder minder unwirksam, und das Verderben der Hefe ist erst nach unverhältnissmässig längerer Zeit zu befürchten.

Chaetocladium Fresenianum.

Auf der durch die unterbrochene Bacterien-Untersuchung offen gebliebenen Tafel II habe ich eine Reihe von Abbildungen zusammengestellt, welche für spätere Publicationen über die Zygomyceten ursprünglich bestimmt waren, und schon in den Jahren 1871 und 72 gezeichnet sind.

In Fig. 1—4 ist die Lebensgeschichte eines Chaetocladium dargestellt, dessen ich in dem ersten Hefte dieser Schimmelpilze bei dem Ch. Jonesii in einer Anmerkung p. 39 kurz Erwähnung gethan habe. Die Figur 3 kann als das typische Bild eines Stolonen tragenden Zygomyceten gelten, wie z. B. Rhizopus, Mortierella etc.; in diesem Sinne ergänzt es die späteren Abbildungen von der Mortierella Rostafinskii in diesem Hefte.

Die Sporen des Chaetocladium, welches ich damals Ch. Fresenianum genannt hatte, sind bei Weitem grösser (0,007—0,009 Mm.), wie die von Ch. Jonesii. Bei ihrer Keimung wird das Exosporium in einem langen Riss aufgesprengt und dann von dem Keimlinge abgestossen. Die leere Haut hat ein rauhes dunkles Ansehen und ist mit feinen Vorsprüngen besetzt, welche mit Salzsäure behandelt, fast verschwinden und grösstentheils oxalsaurer Kalk sind. Der ausgetretene, mit dem Endospor bekleidete, anfangs runde Keimling schwillt schnell um das Vielfache seiner Grösse an, dann treten Keimschläuche aus (Fig. 1), welche zu einem Mycelium nach Art anderer Zygomyceten auswachsen. Die Hyphenenden der Mycelien treten bald über das Substrat, wobei sie sich erheblich verschmälern, und verbreiten sich als Stolonen weithin durch die Luft. Die Stolonen bilden an ihren Enden Fruchtträger aus, welche aber bald durch secundäre Stolonen zur Seite geschoben werden (Fig. 2 u. 3). Sowohl hierin, wie in dem Bau der

Fruchtträger zeigt sich eine so völlige Uebereinstimmung mit dem Ch. Jonesii, dass ich einfach auf die frühere Beschreibung dieser Form verweisen kann. Der Pilz erreicht in dieser Art eine verhältnissmässige Ueppigkeit der Entwicklung, welche aber erheblich zurückbleibt gegenüber einer zweiten Lebensweise, wo derselbe als Parasit auftritt.

Die Stolonen befallen die Fruchtträger der meisten Mucor- und Rhizopus-Arten etc., eine Ausnahme macht z. B. der Mucor violaceus (Phycomyces nitens). Die Art des Parasitismus ist genau dieselbe, wie ich sie für die Stolonen des Ch. Jonesii beschrieben habe (Tafel III des 1. Heftes). Nach eingetretener Fusion eines Ausläufers mit dem befallenen Fruchtträger bilden sich Haustorienknäuel von der Dicke eines Nadelknopfes. Von diesen gehen nach allen Seiten weitere Stolonen aus, die entweder fructificiren oder neue haustoriale Knäuel bilden. Die Fruchtträger mitsammt den Anlagen der Sporangien sind oft der ganzen Länge nach befallen und gehen unter (Fig. 3 auf Taf. II), falls sie schon in jungen Stadien befallen werden. Dies ist immer dann der Fall, wenn man in reinen Culturen dem Chaetocladium einen Vorsprung von einigen Tagen gibt und nun erst den Mucor, z. B. Mucor Mucedo, M. niveus, M. mucilagineus etc. aussäet. Die Culturen enden fast ausschliesslich mit den Fruchtträgern von Chaetocladium, welche auf dem Substrate in dichten Massen eine dunkel graublaue Decke bilden, von welcher die blauen Sporen leicht verstäuben. In Objectträger-Culturen lassen sich Bilder wie Fig. 3 durch eine ähnliche Art der Aussaat ohne alle Schwierigkeit gewinnen und der Parasitismus bis in alle Einzelheiten verfolgen. — Die Zygosporen treten in Reihenculturen meist schon nach kurzer Zeit auf. Sie sind ebenfalls grösser wie die von Ch. Jonesii und reicher an Vorsprüngen auf dem Exosporium, sonst von dunkelgelber Farbe wie jene; die Färbung dehnt sich in ziemlich scharf absetzender Zone auch auf die Träger aus. Sie keimen mit der Bildung eines Fruchtträgers aus, wenn sie in feuchter Luft auf feuchter Unterlage ausgelegt werden[1]).

[1]) Wenn der Hr. *van Tieghem* seine Culturen sorgfältiger anstellt, wird es ihm sicher gelingen, auch meine Angaben über den Parasitismus von Chaetocladium-Formen zu bestätigen, den er Tafel 23, Fig. 75 u. 76 seiner ersten Abhandlung über die Mucorineen unrichtig abgebildet hat (Ann. des scienc. natur. Série V. T. XVII). — Möglicherweise ist das Chaetocladium, welches er jetzt wohl mir zu Ehren nicht mehr benennen würde, dieselbe Form, welche ich beschrieben habe.

Dem Chaetocladium habe ich eine Thamnidium-Form angeschlossen, welche ich seit 10 Jahren, aber ohne Zygosporenbildung cultivirt habe (Fig. 5). Die Hauptaxe des Mucor-artigen Fruchtträgers schliesst mit einem grossen Sporangium ab, wie beim Th. elegans; etwas später als dieses treten die Seitenzweige mit den kleinen Sporangien, den Sporangiolen, auf. Sie verzweigen sich nicht dichotom, wie die von Th. elegans, sondern ganz so, wie die Fruchtträger von Chaetocladium. Schon beim Th. elegans ist die Erscheinung eine häufige, dass die grossen apicalen Sporangien an den Fruchtträgern verkümmern und die Spitze steril endet. Dies trifft auch hier zu, und solche mit steriler Spitze endende Träger haben eine täuschende Aehnlichkeit mit den Fruchtträgern von Chaetocladium. Der Hauptunterschied zwischen beiden besteht darin, dass die Sporangien von Thamnidium meist 4 oder mehrere Sporen haben, während die von Chaetocladium stets einsporig sind. Die Sporangiolen sind hier auf die Conidie zurückgegangen, in Ch. Fresenianum wird die frühere Sporangienmembran noch abgestossen mit der Keimung (Fig. 1), bei Ch. Jonesii geschicht dies auch nicht mehr, hier ist die Conidienbildung aus der Reduction des Sporangium spurlos verwischt (Taf. III, Heft 1). — Bei dem Chaetocladium tragen die pfriemförmigen sterilen Spitzen 1., 2. oder 3. Grades nicht selten auch Sporen (Fig. 2 f.), und dies lässt schliessen, dass sie früher fruchtbar gewesen sind, und dass die charakteristische Verzweigung der Fruchtträger erst mit ihrer Sterilität eingetreten ist. — Die Zahl der Sporen in den Sporangiolen ist meistens nur gering, bei den Thamnidien häufig 4, seltener 2. Es lassen sich aber im Laufe der Cultur alle möglichen Uebergänge gewinnen zwischen dem grossen apicalen Sporangium und den Sporangiolen, die fast bis zur Grösse des ersten anwachsen können, und kaum noch von diesem zu unterscheiden sind. Diese Beobachtungen sind nicht anders zu deuten als so, dass man annimmt, die Sporangien seien ursprünglich an den Stammformen der Thamnidien alle gleich gewesen, und aus ihnen seien allmählich die zwei an Grösse so abweichenden Formen entstanden, welche sich an ein und demselben Träger vorfinden. Bei einem weiteren Rückgange der Sporangiolen zur Conidie würde ein Träger Sporangien und Conidien tragen. Formen dieser Art sind noch nicht gefunden, wohl aber Formen, welche Sporangien und Conidien auf 2 Träger vertheilt tragen, z. B. Choanephora[1]) und

[1]) *C. D. Cunningham*, On the occurrence of Conidial Fructification in the Mucorini, illustrated by Choanephora, Transactions of the Linnean society of London, second Series. Botany. Vol. I.

Mortierella polycephala [1]). Diese Zygomyceten mit zwei ungeschlechtlichen Fruchtformen auf zwei Trägern sind offenbar nur etwas weiter differenzirte Bildungen aus solchen Stammformen, die Conidien und Sporangien an einem Träger besassen, sie sind aus der Spaltung dieser zwei Fruchtformen auf zwei Trägern ebenso entstanden, wie das Chaetocladium durch den Verlust der einen von diesen Fruchtformen.

Die Thamnidien — mit zweifachen Sporangien an einem Träger — sind ziemlich zahlreich, einige sind schon von älteren Autoren beschrieben, andere von *van Tieghem* [2]) neuerdings. Die Verschiedenheit der Formen, soweit sie in Th. elegans und der eben behandelten Form in den Verzweigungen der Sporangiolenträger vorliegen, sind meiner Ansicht nach nicht gross genug, um aus der letzteren eine neue Gattung zu machen, wie es von anderer Seite geschehen ist, sie reiht sich vielmehr als Species dem Th. elegans an und dürfte zweckmässig Th. chaetocladioides bezeichnet werden. — Für eine andere Form mit einfachen Verzweigungen in den Sporangiolen gilt dasselbe, sie mag Th. simplex heissen (Fig. 6). In Massenculturen zeigen diese Formen eine graue, etwas ins Gelbliche spielende Farbe. — Wahrscheinlich sind weitere Thamnidien-Formen an anderen Stellen aus Zygomyceten mit verzweigten Fruchtträgern und einerlei Sporangien entstanden, sie werden als verschiedene Gattungen und Arten zweckmässig zu einer Familie der Thamnidieen zusammengefasst und zwischen die Mucorineen und Chaetocladiaceen gestellt.

In den Figuren 9—12 habe ich den früher im ersten Hefte der Schimmelpilze und in den vorläufigen Mittheilungen über copulirende Pilze bei den naturforschenden Freunden mehrfach erwähnten Mucor abgebildet, welcher durch eine besonders stark ausgebildete Zwischensubstanz von körniger Beschaffenheit ausgezeichnet ist. Der Pilz findet sich vereinzelt unter mistbewohnenden Arten. Seine Köpfe sind etwas dicker wie die vom M. Mucedo und seine Träger erheblich kürzer als diese; die gelbe Farbe des M. Mucedo fehlt ihnen vollständig. Besonders auffallend ist die reiche Tropfenausscheidung an den Trägern, welche in Sporenbildung begriffen sind. Diese sind so von ihnen bedeckt (Fig. 9*a*), dass man die vereinzelten Träger unter anderen Mucor-Arten auf dem Miste mit Sicherheit herausfinden kann. Nach vollendeter Streckung ist zwischen dem

---

[1]) *van Tieghem* et *le Monnier*, Recherches sur les Mucorines l. c. der Ann. d. sc. nat.

[2]) *van Tieghem*, die 2. und 3. Abhandlung über die Mucorineen in den späteren Bänden der Ann. des scienc. nat.

Sporangium und dem basalen Theile des Trägers ein tropfenfreies Stück gleichsam eingeschoben (Fig. 9 *b*), ein Beweis, dass die Wasserabscheidung mit der Ausbildung der Sporangien, welcher die Streckung des Trägers folgt, zu Ende geht.

Die Sporangien entleeren bei der Verletzung ihre Sporenmassen mit der körnigen Zwischensubstanz, welche in Wasser aufquellend die Sporen weit auseinandertreibt, so dass sie alle einzeln getrennt liegen (Fig. 12). Versucht man sie zu isoliren, so bleibt die klebrige Zwischensubstanz sofort an den Nadeln haften und zieht sich mitsammt den Sporen zu einem leimartigen Faden zusammen. Die grossen länglich ovalen gelbweissen Sporen von 0,03—0,033 Mm. Länge und 0,015 Mm. Breite lassen in ihrer Mitte deutlich einen Zellkern erkennen, den man dann mit starken Vergrösserungen auch in anderen kleineren Mucorsporen auffinden kann. Durch Alkohol wird vorzugsweise der Zwischensubstanz Wasser entzogen, so dass die Sporangien auf weniger als den halben Durchmesser zusammensinken. Nach erneutem Aufquellen mit Wasser nehmen sie den alten Umfang schnell wieder an; man kann dies Experiment oftmals rasch hintereinander wiederholen. Durch weitere Behandlung mit Chlorzinkjod verliert die Zwischensubstanz ihr Quellungsvermögen zum Theil; die geöffneten Sporangien zeigen die Sporen einzeln der dicken Masse der Zwischensubstanz eingebettet, und hinterlassen ein Loch in dieser, wenn sie herausgefallen sind (Fig. 11). — Die Form der Columella ist nur dann unverändert zu sehen (Fig. 12 *b*), wenn der abgerissene Fruchtträger an der Wundstelle verschlossen wird, sonst sinkt sie zusammen und hat eine beliebige, verschrumpfte Gestalt (Fig. 11 *b*). Die Sporangienmembran, aussen dicht mit Stacheln von oxalsaurem Kalk bekleidet (Fig. 10), zerfliesst viel langsamer, wie die von M. Mucedo und anderen Arten, sie ist oft noch lange nach der Sporenreife als zusammenhängende Haut erhalten. — Die Zygosporen habe ich von dieser und vielen andern Mucor-Arten durch lange fortgesetzte Cultur noch nicht erhalten können.

Pilobolus.

Die nachstehenden Untersuchungen über Pilobolus stammen aus den Jahren 1868—70, die Abbildungen sind seit dieser Zeit fertig bis auf die der Zygosporen von P. anomalus, welche ich im Jahre 1873 fand [1]). Zu Gunsten der Basidiomyceten, des III. Heftes der Schimmelpilze, habe ich weitere Mittheilungen über copulirende Pilze auf die späteren Hefte verschoben, nachdem ich im Sommer 1875 einige Beobachtungen vorläufig mitgetheilt [2]).

Die Untersuchungen über Pilobolus sind in ununterbrochenen Culturreihen bis vor 2 Jahren fortgesetzt, wo sie durch Krankheit unterbrochen wurden.

Dem Genus Mucor schliesst sich unter den Formen des Pilobolus [3]) der P. anomalus Ces. am nächsten an. Ich habe diesen Pilz sehr häufig auf Mist

---

1) In dem ersten Hefte der Schimmelpilze beim Mucor Mucedo p. 27 habe ich den Charakter des Pilobolus im Gegensatze zu Mucor kurz angedeutet und auch abgebildet.

2) Sitzungsbericht der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin, 15. Juli 1875.

3) Die ältere Literatur über Pilobolus findet sich in der Arbeit von *Klein* in den Jahrbüchern Bd. 8, 1872, worauf ich verweise. In der *Klein*'schen Abhandlung ist der Pilobolus microsporus richtig unterschieden, auch finden sich mehrere zutreffende Details über die Structur der Sporangien; sie sind aber nicht vollständig und weitere Angaben über den Zusammenhang von Pilobolus mit Mucor unrichtig. Ich habe hierauf schon in dem ersten Hefte der Schimmelpilze p. 27, wo ich die wesentlichen Abweichungen des Pilobolus von Mucor kurz betonte, hingewiesen und somit, zumal ich nur schwer lesen kann, die Untersuchungen von *Klein* hier nicht noch einmal angezogen.

Meine weiteren Beobachtungen über Pilobolus, welche ich dann bei den naturf. Freunden in Berlin im Juli 1875 specieller mitgetheilt habe, sind später von *van Tieghem* bestätigt worden in seiner II. Untersuchung über Pilobolus (Ann. d. sc. nat. VI. série, 4. Bd.), nachdem es ihm vorher gelungen war, meine kurze und darum unvollständige Notiz (im I. Hefte der Schimmelpilze p. 27, Anm.) in ausführlicher Untersuchung ebenfalls zu bestätigen (Ann. d. sc. nat.

gefunden, wo er allerdings in jungen Stadien schwer erkannt, in älteren dagegen leicht übersehen werden kann. Seine Fruchtträger haben die grösste Aehnlichkeit mit einem langgestreckten Mucor, so lange sie jung sind, und wenn in den reifen Sporangien der Charakter des Pilobolus zur Ausbildung gekommen ist, haben die Träger ihre Sporangien meist durch Abquellung verloren (Fig. 18, 23, 24 u. 28, Taf. IV).

VI. série I. Bd.). Derselbe führt hier in einer weitschweifigen Darstellung und in schlechten Zeichnungen aus, dass die Sporangienmembran bei Pilobolus cuticularisirt sei bis auf eine ringförmige Zone, welche sich aufbläht und dann auflöst. Ungefähr zu derselben Zeit, wo er dies l. c. veröffentlicht hat, habe ich den wirklichen Sachverhalt über die Sporangienstructur (l. c. im Juli 1875), den ich übrigens schon seit dem Jahre 1873 festgestellt hatte, mitgetheilt. 5 Monate nach meinem Vortrage, am 25. November 1875, hat dann Hr. *van Tieghem* in der Société botanique de France dieselben Resultate mitgetheilt, kurze Zeit nachher, als er die ersten unrichtigen Beobachtungen abgesondert hatte. Nun folgt in der II. Untersuchung über Pilobolus (l. c.) die richtige Darstellung und die richtigen Zeichnungen. Aber was liest man in dieser Bestätigung meiner Untersuchungen? Er wirft mir hier zuerst vor, dass ich seine erste schlechte Beobachtungsreihe über Pilobolus nicht citirt habe, und dann macht er meine erste Notiz in den Schimmelpilzen, I. Heft, welche er in dieser seiner I. Untersuchung vorher nicht bloss bestätigt, sondern weiter ausgeführt hat, aber leider nach der verkehrten Seite, zum Gegenstande einer weitläufigen Kritik, der ich hier noch einmal folgen will.

Ich bemerke zunächst, dass ich die erste Arbeit des Hrn. *van Tieghem* über Pilobolus nicht gesehen habe zu der Zeit, als ich meinen Vortrag (l. c.) hielt; aber wenn ich sie gesehen hätte, so würde es mir nur möglich gewesen sein, darzuthun, dass diese Untersuchung über Pilobolus zwar lang und weitläufig dargestellt, aber trotzdem unrichtig ist. — Nun komme ich zur Kritik meiner Notiz seitens des Hrn. *van Tieghem.* Was ich zu thun versäumt habe, nämlich den Nachweis zu führen, dass seine ausführliche, damals gleichzeitig erschienene Untersuchung eine unrichtige und schlechte ist, eben das hat dann Hr. *van Tieghem* an meiner ersten Notiz versucht, einer Notiz, die er selbst gerade vorher in ausführlicher Untersuchung bestätigt hatte. Er verwechselt hier die Personen, e r s e l b s t ist es, gegen welchen er seine Kritik zu richten hat, und gegen welchen sie sich von selbst schon richtet. Und w o m i t kritisirt er die kurze Notiz? etwa mit neuen Resultaten? Nein, mit meinen eigenen Resultaten, die ich schon zu der Zeit mitgetheilt habe, als seine erste unrichtige Untersuchung erschien. Und w a n n übt er diese Kritik? Erst dann, als es ihm gelungen ist, diese meine Resultate fast 5 Monate später zu bestätigen. und als er dann ein Jahr nachher mit diesen Resultaten seine eigene erste Untersuchung berichtigt.

Man vergleiche weiterhin zur Beurtheilung der mycologischen Arbeiten des Hrn. *van Tieghem* meine frühere Kritik in der Bot. Zeitung 1876, No. 4: »Vorläufige Mittheilung über die Basidiomyceten«, dann eine weitere specielle Darlegung auf S. 9—13 im III. Hefte der Schimmelpilze. Eine Kenntniss der früheren und der hier mitgetheilten Einzelheiten wird genügen, die Ueberzeugung zu gewinnen, dass der Hr. *van Tieghem,* so wie er vorhin beim Pilobolus die Person in seiner Kritik verwechselt, ebenso für den Schlusssatz seiner Mittheilung »Weitere Beobachtungen über Basidiomyceten und Ascomyceten« in der Bot. Zeitung 1876 die Adresse irrthümlich an einen Anderen und nicht an sich selbst gerichtet hat.

Die vegetativen Zustände des P. anomalus C. entsprechen in ihren reich verzweigten scheidewandlosen Schlauchsystemen ganz denen von Mucor[1]). Die Anlage von Fruchtträgern beginnt mit dem 3. Tage, wie ich es für Mucor beschrieben habe. Zu der Zeit, wo die neuen Vegetationspunkte für die Fruchtträgeranlagen sich ausbilden, treten in den Mycelarmen Scheidewände auf, welche die Grenzen der Abschnitte bezeichnen, die je einen Fruchtträger bilden. Diese Abschnitte sind ziemlich gross, entsprechen oft einem centralen Hauptarme mit seinen Verzweigungen. Ihr Inhalt wird für die Fruchtanlagen verwendet und strömt diesen zu in dem Maasse, als sie sich entwickeln. Häufig zeigt sich an den Stellen, wo die abgrenzenden Scheidewände in den Fäden sich bilden, vorher eine Einschnürung, wodurch sie leicht erkennbar werden. — Uebereinstimmend mit Mucor hört bei den jungen Fruchtträgern das Spitzenwachsthum auf, wenn sie etwa $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$ Zoll lang sind. Die Spitze schwillt dann zum Sporangium an. Dieses ist anfangs weiss, wird dann gelb und endlich mit der Sporenreife schwarz. Nachdem diese Färbung eingetreten, beginnt die Streckung des Trägers durch intercalares Wachsthum. Die sich streckende Zone resp. die Wachsthumszone liegt gerade unterhalb des Sporangiums. Die Streckung ist eine bedeutende und geht bis zur 20fachen Länge des ungestreckten Trägers. Ist sie vollendet, dann sind Träger und Mycelabschnitte bis auf einige körnige oft fettreiche Ueberreste vom Protoplasma entleert. — Mit der eintretenden Fructification werden immer die älteren Theile der Mycelien von den jüngeren Enden durch die Scheidewände abgeschnitten. Diese wachsen bei weiterer Ernährung unbegrenzt fort, und von ihnen gelangen immer wieder die älteren Theile, durch Wände abgegrenzt, zur Fructification. Man kann diese Art der Fortentwicklung auf Objectträgerculturen schon beobachten, wenn man nur die Keimsporen an das eine Ende eines langgezogenen Culturtropfens bringt; noch übersichtlicher tritt sie zu Tage, wenn man eine Spore an die Ecke eines langen pilzfreien Brodstückes bringt. Hier schreitet die Anlage von Fruchtträgern mit jedem Tage langsam nach dem entgegengesetzten Ende des Substrates fort und steht erst still, wenn es völlig an Nährstoffen erschöpft ist[2]).

---

[1]) *Brefeld,* Mucor Mucedo, Schimmelpilze I. Heft.

[2]) In meinem Vortrage über copulirende Pilze l. c. habe ich die Vorgänge bei der Fructification grosser Mycelien, die weitere Entwicklung dieser Mycelien und die fortschreitende Fructification auf ihnen ausführlicher beschrieben, als dies vorher in dem I. Hefte der Schimmel-

Die gestreckten Fruchtträger haben ein schneeweisses seidenglänzendes Ansehen, werden aber leicht welk und knitterig. Erst in den reifen Sporangien tritt der grosse Unterschied von Mucor und der eigentliche Charakter des Pilobolus zu Tage. Sie sind, so lange sie nicht eintrocknen, kugelförmig und aussen mit zarten Kalkstacheln bedeckt (Fig. 28 *d—f* Taf. IV). Die Columella ist in dem unteren lichten Theile des Sporangiums in halbkugelförmiger Gestalt deutlich zu sehen, die gelbgrünen Sporenmassen sind in dem oberen Theile scharf abgegrenzt, der aussen schwarz ist. Zwischen Columella und Sporen befindet sich ein heller Raum, in welchen die überliegenden Sporen offenbar nicht hineingelangen können (Fig. 28 f.). Trocknet das Sporangium, wie es an der Luft sehr bald geschieht, ein, so ist es diese lichte Zone, welche vorzugsweise eintrocknet und einsinkt. Die Form des Sporangiums geht durch diese ungleiche Eintrocknung resp. Schrumpfung von der früheren Kugelform in die eines mit breitem Turban bedeckten Kopfes über (Fig. 18 u. 23). — Bringt man nun ein solches auch nur wenig verschrumpftes Sporangium in Wasser, so wird es mit grosser Energie augenblicklich von der Columella und dem Träger abgestossen, und es zeigt sich an dem abgestossenen Sporangium ein heller grosser Kragen, der etwas gelblich gefärbt ist, im Profil eine ungleiche Stärke hat, nach aussen am dicksten ist und über der Columella, d. h. an der Stelle, wo diese gesessen hat, also in der Mitte des Sporangiums, erheblich dünner wird (Fig. 24 u. 25). Es ist ganz unverkennbar, dass der Kragen sich durch Quellung aus der hellen Substanz gebildet hat, die zwischen Columella und Sporangium liegt (Fig. 28 f.) und es verhindert, dass die Sporen nach unten sinken, und dass durch den Quellkragen die Abtrennung der Sporangien von den Trägern bewirkt worden ist (Fig. 24, 25 u. 28). Um die Quellung zu ermöglichen, musste Wasser in das Sporangium eindringen. Dies geschieht dadurch, dass die Sporangienmembran, die in dem unteren Theile des Sporangiums äusserst zart bleibt, mit dem Eintrocknen zerreisst, wohl auch schon vorher zum Theil zerfliesst[1]). Da die Sporangienmembran also kein Hinderniss entgegensetzt,

---

pilze geschehen war. — Die Anlage der Fruchtträger und die nächsten Stadien ihrer Entwicklung habe ich vom P. anomalus nicht noch einmal gezeichnet, ich verweise auf Taf. I des I. Heftes der Schimmelpilze und auf Fig. 9 *a* u. *b* der Taf. II des IV. Heftes, wo die Abbildungen von Mucor zum Verständnisse ausreichen dürften.

[1]) Dass ein gewisser Theil der Sporangienmembran zerfliesst, lässt sich schon daraus schliessen,

so ist die Quellung des Kragens und zugleich die Abquellung des Sporangiums beim Zutritt von Wasser eine momentane.

Die Quellschicht hat nichts mit der Sporangienmembran zu thun, sie setzt deutlich von dieser ab und nimmt ihren Ursprung aus dem Inhalte des Sporangiums.

Greift man auf jüngere Stadien zurück, so ist der Verlauf der Entwicklung eines Sporangiums klar zu übersehen. Nachdem die Columella abgeschieden ist, tritt bald eine Sonderung des Inhaltes ein, der unten heller und oben dunkler wird. Nur in dem oberen Theile bilden sich die Sporen, der untere bleibt hell und sporenfrei, er ist gleichsam ein Secret aus dem Protoplasma, welches an der Sporenbildung keinen Antheil nimmt. Mit eintretender Sporenreife cuticularisirt der obere Theil der Sporangienmembran, so weit die Sporen nach unten reichen, sie wird dunkel, fast schwarz (Fig. 28 *d—g*). Dort aber, wo die Sporen fehlen, bleibt die Membran zart und dünn, (sie dürfte später wohl auch zum Theil zerfliessen, soweit man dies verfolgen kann) und zergeht bei dem geringsten Eintrocknen, dem die Quellschicht vornehmlich unterworfen ist. In diesem Zustande ist das Sporangium zum Abquellen reif.

Die Quellschicht geht als ein Absonderungsproduct aus dem Protoplasma hervor. Sie entspricht in der Art ihrer Bildung der Anlage von quellbarer Zwischensubstanz bei anderen Sporangien[1]), dem Capillitium der Myxomycetensporangien, den Sporenanhängseln der Ascosporen[2]) etc. Sie dient zur Abquellung der Sporangien und hiernach ist ihre einseitige Lage im Sporangium und ihre Beschaffenheit, leicht einzutrocknen und wieder aufzuquellen bemessen. Zu diesen Eigenschaften kommt noch ihre Kleberigkeit hinzu, die

---

dass, wenn man ein abgequollenes Sporangium mit seinen Membranrändern an die der Columella angesetzt denkt, die frühere Form des Sporangiums zumeist nicht wieder erreicht wird; der fehlende Abschnitt geht eben durch Zerfliessen verloren. Der cuticularisirte Theil der Membran setzt bald ziemlich jäh und stumpf ab, dies ist der häufigere Fall; bald läuft er zart und fein aus, dann hat die Columella einen feinen Kragen, ebenso das abgequollene Sporangium, an welchem man mit aller Deutlichkeit sehen kann, dass der Quellkragen von der Sporangienmembran weit absetzt. Fig. 23 u. 24.

[1]) *Brefeld*, Schimmelpilze I. Mucor Mucedo p. 16 u. 17. Ferner l. c. Anmerk. p. 4 u. 5 des Vortrages über copulirende Pilze; ferner Schimmelpilze IV. Heft. Taf. II. Fig. 10 u. 11.

[2]) *Woronin*, Beiträge zur Morphologie der Pilze, Ueber Sordaria; *W. Zopf*, Ueber den Mechanismus der Sporenentleerung bei den Ascomyceten. Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, Februar 1880.

dazu dient die Sporangien an gefundenen Hindernissen festzukleben. Man überzeugt sich leicht, wie die abgetrennten Sporangien mit ihren Quellkragen an fremden Gegenständen kleben bleiben, wie fest sie an Nadeln etc. haften.

Die Grösse der Sporangien ist je nach der Ernährung des Pilzes eine sehr verschiedene. Sie sind bei schlecht ernährten Culturen sehr klein, die Zahl der Sporen geht auf 8—12 zurück. Mit dieser Reduction in der Grösse geht die charakteristische Structur der Sporangien mehr und mehr verloren. An den kleinen Sporangien ist die Quellschicht kaum bemerkbar, die ungleiche Ausbildung der Sporangienmembran, die Cuticularisirung der oberen Hälfte, welche sich nach unten verliert, die Zartheit des basalen Abschnittes bis zur Auflösung der Membran, ist kaum oder nicht zu unterscheiden, selbst die Sporen (Fig. 18 *h*) sonst länglich oval = 0,0075 Mm. Länge und 0,006 Mm. Breite werden kleiner und runder. Man könnte versucht sein, diese Zwergformen für einen neuen Pilz zu halten, kann sich aber leicht durch besser ernährte Culturen davon überzeugen, dass sie sogleich zu der normalen Form zurückkehren. — Diese Erfahrungen zeigen aufs Neue, wie nothwendig es ist, den Charakter der Formen nach normalen Culturen zu bestimmen.

Nur einmal habe ich im Jahre 1873 die Zygosporen des P. anomalus gefunden und zwar auf einem Pferdemiste, auf welchem der Pilz zugleich massenhafte und üppige Fruchtträger gebildet hatte. Mehr wie etwa 50 Zygosporen konnte ich nicht finden und in künstlichen Culturen mit Sporangiensporen keine weitere Zygosporenbildung erreichen. Junge Zustände habe ich nicht gesehen. — Die reifen Sporen sind schwarz, haben äusserlich sehr kleine Warzen und eine etwas ovale Form. Die Suspensoren sitzen einseitig nahe bei einander. Die copulirenden Träger neigen sich offenbar zangenartig zusammen, und später erhält die Zygospore durch einseitig begünstigtes Wachsthum ihre Stellung über den Suspensoren (Fig. 26—28). Einmal sah ich an diesen weitere Hyphenaussprossungen (Fig. 27). Durch Aufsprengen der Membran zeigt sich der normale Bau der Zygospore: ein schwarzes wenig warziges Exo- und ein dickwandiges glattes Endosporium, welches einen dichten Inhalt und einen grossen Fetttropfen umschliesst (Fig. 26). Die Sporen keimten nach 4 wöchentlichem Liegen auf feuchtem Papier. Aus den gesprengten Membranen trieb ein Keimschlauch, der sich zum Fruchtträger des P. anomalus ausbildete (Fig. 28). Die meisten Sporen keimten in der Richtung senkrecht zu den Trägern aus, andere

auch seitlich. Aus den Sporen der Fruchtträger wurden in langen Generationen immer nur die gewöhnlichen Fruchtträger wiedererhalten.

Die übrigen Arten von Pilobolus haben den Bau der Sporangien des P. anomalus in mehr oder minder charakteristischer Ausbildung, er wird aber hier verdeckt durch das Phänomen des gewaltsamen Abschleuderns der Sporangien; ausserdem zeigt sich eine Abweichung in der Anlage der Fruchtträger auf den Mycelien [1]).

Die Mycelien sind englumig und weitsparrig verzweigt (Fig. 1 *b*, Taf. III). Sie wachsen 5—6 Tage vegetativ, ehe die Fructification beginnt. Die Anlagen der Fruchtträger zeigen sich im Verlaufe oder auch an den Enden älterer Mycelarme in einer Ansammlung von Protoplasma, die von einer bedeutenden Erweiterung der Fäden begleitet ist (Fig. 1 *c* u. Fig. 2 *b*). Die Stellen der Fäden, welche von dieser Ausweitung betroffen werden, sind so ausgedehnt, dass in der Regel viele Seitenzweige auf sie fallen, die dort früher ihren Ursprung genommen haben. Das sich ansammelnde Protoplasma zeigt eine gelbrothe Färbung, welche es vorher in den Mycelfäden nicht hatte. Auf der Ausweitung bildet sich bald ein Vegetationspunkt aus, eine Stelle intensivsten Wachsthumes, die sich als Fruchtträger erhebt (Fig. 3 u. 4 *d*). Sobald dieser sich zeigt, werden Scheidewände angelegt, welche die Fruchtanlage mit dem jungen Träger auf ihr von den Mycelfäden abgrenzen. Während bei Mucor und P. anomalus diese Scheidewände fern von der Fruchtanlage sich bilden zur Abgrenzung der Mycelabschnitte, welche für die einzelnen Fruchtträger bestimmt sind, finden wir sie hier nach ihrer unmittelbarsten Nähe vorgeschoben. Beim P. oedipus fällt eine von ihnen noch in die Anschwellung, die hier gewöhnlich an den Enden älterer Mycelarme angelegt wird (Fig. 3—9). Beim P. microsporus, wo diese im Verlaufe älterer Arme sich zu bilden pflegt, fallen zwei Wände auf die Anschwellung (Fig. 16 *a*—*d*, Taf. IV). Wo der oder die Hauptarme, welche in die Anschwel-

---

[1]) Es ist versucht worden, den höchst bezeichnenden Namen Pilobolus anomalus zu beseitigen und den Pilz zu einer neuen Gattung »Pilaira« zu erheben. *van Tieghem,* Récherches sur les Mucorinées, Ann. des scienc. VI. série, I. Band. — Ich selbst habe anfangs den P. anomalus nicht als solchen erkannt, und ihn als eine neue Art »P. Mucedo« in meiner Notiz des I. Heftes der Schimmelpilze aufgeführt, kam aber schon bald nachher zu der Ueberzeugung, dass die vermeintliche neue Art nichts wie der P. anomalus von *Cesati* sein könne, als welchen ich ihn dann in meinem Vortrage l. c. bereits bezeichnet habe.

lung auslaufen, abgegrenzt werden, erfolgt immer die Wandbildung noch in der Anschwellung, während bei allen unbedeutenden Seitenzweigen der Mycelien, die an der Anschwellung sich befinden, die Wände an deren Grenze angelegt werden. So kommt es, dass der Fruchtträger von P. oedipus Mont. und von anderen der Regel nach eine zwiebelartige Anschwellung, der von P. microsporus Klein zwei Zwiebeln an seiner Basis trägt, und in solchen Fällen sogar drei, wo eine Fruchtanlage in der Gabelungsstelle eines Mycelarmes sich ausbildet (wie in Fig. 5, Taf. III). — Die kleinen Mycelzweige, welche sich an der Basis der Fruchtträger oft zahlreich finden, können leicht, wenn man den fertigen Fruchtträger besieht, zu der Vermuthung führen, als ob sie nachträgliche Aussprossungen, Rhizoidenbildungen des Trägers seien; dies anzunehmen würde durchaus unzutreffend sein.

Die jungen Fruchtträger erscheinen am Abende als orangerothe Knöllchen (Fig. 1 *c*); bei Culturen auf festem Substrat ist dessen Oberfläche mit diesen Knöllchen reich bedeckt, die schon bis zum nächsten Morgen zu fertigen Fruchtträgern ausgebildet sind. Die Knöllchen verjüngen sich zunächst wieder, indem sie weiter auswachsen; darauf bildet sich die Spitze durch Anschwellung zum Sporangium aus (Fig. 7 *f*.), welches aber nicht ganz rund, sondern etwas abgeplattet erscheint. Es ist anfangs gelbroth und wird mit der Reife schwarz. Noch ehe diese Farbenänderung vollendet ist, zeigt sich unter dem Sporangium eine starke Auftreibung des Fruchtträgers, der hier bis zur Tonnenform an Umfang zunimmt, bis das inzwischen schwarz gewordene Sporangium nur mehr als knopfförmige Erhöhung auf ihm erscheint (Fig. 7 — 9 *e f*, Taf. III u. Fig. 13 — 17 *f*, Taf. IV). Diese Wachsthumserscheinung des Trägers in die Fläche entspricht der Längsstreckung, welche den Trägern des P. anomalus eigen ist, für sie wird auch hier der Inhalt des Trägers verbraucht. Er sieht jetzt krystallhell aus, und zeigt nur dort, wo die Anschwellung nach dem Sporangium abläuft, und dort wo sie in den Träger übergeht, eine schwachgelbe oder orangerothe Färbung (in Fig. 14 — 17 durch einen Schatten angedeutet). Die Vorgänge im oberen Theile des Fruchtträgers, die Sonderung des Protoplasmas für das Sporangium und die Sporenbildung in diesem sind von einer Wasserabscheidung begleitet, welche sich in dicken Tröpfchen bemerkbar macht, die an dem Sporangium und an dem oberen Theile des Trägers auftreten (Fig. 9 *g*, Taf. III). Ich möchte diese Abscheidung von Wasser, welche auch bei anderen

Mucorinen eine häufige Erscheinung ist[1]), dem Vorgange an die Seite stellen, der sich in ganz ähnlicher Weise bei der Reife von Sclerotien vollzieht und annehmen, dass das ursächliche Moment in beiden Fällen das gleiche ist, nämlich eine Concentration des Protoplasmas, hier für die Dauerzustände der Sclerotien[2]), dort für die Bildung der Sporen. Wo immer der Vorgang der Sporenbildung bei Pilzen, sei es in Sporangien oder auf Sterigmen, einer genauen Beobachtung unterzogen wird, zeigt sich diese Wasserabscheidung; sie dürfte hiernach, zum wenigsten bei den Pilzen, als eine allgemeine Erscheinung angesehen werden, die nur dann äusserlich hervortritt, wenn die Objecte gross genug sind, und wenn die äusseren Umstände eine schnelle Verdunstung des abgeschiedenen Wassers verhindern[3]).

Alle Fruchtträger, welche am Abende angelegt und während der Nacht zur Reife gelangt sind, werfen am nächsten Morgen von 8 Uhr bis Mittag ihre Sporangien ab. Eine starke Wasseraufsaugung in dem Träger, welche die Elasticitätsgrenze seiner Membran überschreitet, führt ein Aufplatzen und zwar an der Insertionsgrenze der Columella herbei, und das Sporangium mit der Columella und dem Inhalte des Trägers wird, oft auf weite Entfernungen, fortgeschleudert.

Mit der Decapitation der Sporangienträger ist nur die Fruchtanlage, wie sie vorher durch Scheidewände von den Mycelfäden abgegrenzt wurde, erschöpft; die Mycelien selbst wachsen nach der Anlage und der Reife der ersten Fruchtträger weiter fort, und dieselben Fäden vermögen, sobald sie weiter ernährt und

---

[1]) Man vergleiche: Mucor Mucedo in dem I. Hefte der Schimmelpilze p. 12, wo ich die Abscheidung des Wassers an den jungen Sporangien aber noch nicht auf eine Concentration des Protoplasmas für die Bildung der Sporen zurückgeführt habe. — Die Abbildungen auf Taf. II, Fig. 9 dieses Heftes veranschaulichen die Wasserabscheidung bei Mucor.

[2]) Schimmelpilze, III. Heft, Coprinus stercorarius p. 24 und Taf. VIII, Fig. 12—14.

[3]) Bei grossen Gasteromyceten, z. B. Bovista-Arten, werden die Fruchtkörper mit der Sporenreife nass und das Wasser fliesst öfters aus. Man kann zwar nicht sicher entscheiden, ob dies Wasser mit der Bildung und Reifung der Sporen abgeschieden wird, es kann auch durch Auflösung der unbetheiligten Elemente entstehen; aber wahrscheinlich ist es auch hier, dass es in der oben angeführten Weise seinen Ursprung nimmt. — Bei den perennirenden Fruchtkörpern der Basidiomyceten dürften die hier häufig beobachteten Wasserabscheidungen einmal mit der Bildung der Sporen, dann mit den periodischen Ruhezuständen oder vielmehr dem eintretenden Wachsthumsstillstande im Zusammenhange stehen.

ausgewachsen sind, neue Fruchtträger zu bilden[1]. Es sind Fälle nicht selten, wo die ferneren Fruchtanlagen neben den früheren (Fig. 10 *d*, Taf. III) angelegt werden. Bei Massenculturen auf festem Substrate dauert die tägliche Erzeugung von neuen Fruchtträgern oft wochenlang fort, bis das Substrat keine Nahrung mehr bietet; regelmässig zeigen sich am Abende auf der Oberfläche die rothen Fruchtanlagen, welche, bis zum nächsten Morgen gereift, decapitirt werden.

Der Bau der Sporangien entspricht beim P. microsporus Klein, P. crystallinus Tode und P. roridus Bolton dem des P. anomalus, die Quellschicht ist fast ebenso mächtig, beim P. oedipus Mont. ist sie dagegen weniger stark und nicht bloss unten, sondern auch etwas seitlich gelegen. Lässt man die Sporangien abquellen, ehe sie abgeschleudert werden, so kommt die Columella zur Erscheinung. Sie hat eine bestimmte Form, ist häufig mehr als weniger flach pyramidenförmig (Fig. 22 *d*, Taf. IV), nicht selten lang keulen- oder kegelförmig, auch ist eine verlängerte Spitze kein seltenes Vorkommniss. Die Sporangienmembran ist in dem unteren nicht cuticularisirten, äusserst zarten Theile durch Einschrumpfen der Quellschicht und auch durch theilweise Auflösung wohl meist schon abgetrennt, wenn die Decapitation eintritt. Die wässerige Flüssigkeit des aufplatzenden Trägers bringt die Quellschicht bei der Berührung sofort zum Aufquellen und in dem Augenblicke, wo das abgeworfene Sporangium an ein Hinderniss gelangt, klebt sie es dort fest.

Beim P. oedipus bleiben die Fruchtträger klein, sie werden eine, höchstens zwei Linien lang, die Energie, womit die Sporangien abgeschleudert werden, ist sehr gross, die Quellschicht nicht bedeutend. Die Sporen sind rund, sehr ungleich, haben einen rothen, körnig schaumigen Inhalt und eine Grösse von 0,014—0,047 Mm. (Fig. 14).

---

[1] Dass bei Mucor-Arten kleine Fadenabschnitte, welche im Laufe eines Mycelfadens lebendig geblieben und oft nicht einmal länger als breit sind, zu neuen Mycelfäden auszuwachsen vermögen, habe ich oft gesehen und früher schon beschrieben (Untersuchungen über Alkoholgährung II. Vortrag in der med.-physikalischen Gesellschaft in Würzburg 1874, p. 118); ich meine hier solche Mucor-Arten, welche, wie der Mucor Mucedo, keine Gemmen nach Art des M. racemosus bilden, bei welchen also die lebendig gebliebenen Fadenpartien von der todten Umgebung nicht durch Scheidewände abgetrennt sind. Es ist zu vermuthen, dass diese Entwicklung eines morphologisch nicht begrenzten Fadenabschnittes von der Anwesenheit eines Zellkernes in ihm abhängig ist, dass sie also nicht eintritt, wenn an der betreffenden Stelle kein theilungsfähiger Kern sich vorfindet.

Beim P. microsporus und crystallinus haben die Träger die 3—4 fache Länge, damit nimmt die Grösse der Quellschicht zu, die Energie der Decapitation ab. Beide Pilze sind äusserlich fast gleich, die Träger von P. crystallinus etwas röthlicher gefärbt, die von P. microsporus unten mit zwei Zwiebeln versehen. Durch die sehr abweichende Grösse der Sporen sind sie leicht zu unterscheiden (Fig. 15 u. 16), die von P. microsporus = 0,0047 Mm Breite und 0,006 Mm. Länge, haben eine grünliche, die von crystallinus = 0,0097 Mm. Breite und 0,0141 Mm. Länge, eine röthlich gelbe Farbe, beider Sporen sind glänzend, gleichmässig und ohne Körncheninhalt.

P. roridus ist die grösste und längste Form. Die Träger werden bis 3 Zoll lang, die Decapitation tritt sehr zurück, die Quellschicht ist stark ausgebildet. Die meisten Sporangien quellen ab, um Mittag sind sie zumeist noch nicht abgeworfen. Der ganze Pilz in allen seinen Theilen übertrifft die früheren Formen um das Vielfache an Grösse (Fig. 17). Die Sporen sind gleichmässig von eiförmiger Gestalt, etwas gelblich, der Inhalt glänzend und gleichmässig. Die Grösse = 0,0103 Mm. Breite und 0,0128 Mm. Länge[1]).

Allen vier Formen ist es gemeinsam, dass die Trägeranschwellung unterhalb des Sporangiums oben und unten eine gelbe oder röthliche Färbung zeigt, welche den Fruchtträgern dort, wo sie in Massen auftreten, einen charakteristischen Farbenton gibt[2]).

Vergleichen wir, vom P. oedipus ausgehend, die Formen mit dem P. anomalus, so erhellt von selbst, dass die Grösse der Quellschicht zur Länge der Träger in Beziehung steht, beide aber zu der Energie der Decapitation im umgekehrten Verhältnisse stehen. Die Länge der Fruchtträger und die Mächtigkeit der Quellschicht nimmt zu, während der Vorgang der Decapitation an Energie verliert und in P. anomalus ganz verschwindet. Hier quellen die Sporangien von den langgestreckten Trägern ab; bei den übrigen kommt die Decapitation

---

[1]) Ob der Pilobolus roridus, der hier beschrieben ist, dem von *Bolton* entspricht, ist mir nach dem Vergleiche mit seiner Abbildung zweifelhaft geworden. Es kann sein, dass der P. microsporus Klein identisch ist mit der von *Bolton* beschriebenen Form: da eine Entscheidung nicht möglich ist, weil der Autor keine Sporen abgebildet hat, so scheint es mir am zweckmässigsten, den Namen P. microsporus beizubehalten und die grosse Form mit dem Namen P. roridus zu belegen, da beide Namen sehr bezeichnend sind.

[2]) Auf das Vorkommen von Krystalloiden, die bei diesen Pilobolus-Arten sehr häufig sind, bin ich hier nicht weiter eingegangen.

als ein weiteres Verbreitungshülfsmittel hinzu, und ich vermuthe, dass damit die engere Abgrenzung der Fruchtanlage auf den Mycelien im Zusammenhange steht.

Die Sporangienmembran, die aussen geformte Kalkablagerungen nicht zeigt, lässt in ihrem oberen Theile eine Schichtung in einen äusseren stark cuticularisirten und einen innern zartwandigen Theil mehr oder weniger deutlich erkennen. Beim P. microsporus und crystallinus gelingt es meist, die cuticularisirte Kappe als solche abzusprengen, die dann eine grau violette Färbung hat, welche oben am intensivsten ist, hie und da auch warzenartige Vorsprünge zeigt und nach unten resp. den Seiten allmählich verblasst und zarter wird.

Die Sporen verbreiten sich beim P. oedipus leicht aus den Sporangien, bei den anderen, namentlich dem P. microsporus und anomalus haften sie fester zusammen; eine quellbare Zwischensubstanz ist zwischen ihnen nicht nachweisbar. Die Sporen von P. oedipus keimen leicht, die von P. microsporus und crystallinus vereinzelt, die von P. roridus keimen gar nicht unter gewöhnlichen Umständen. Bei einer Erwärmung auf 30—35° tritt überall eine regelmässige Keimung ein. Im thierischen Körper wird die Keimung jedenfalls begünstigt, und hierdurch das allverbreitete Vorkommen des Pilobolus auf dem Miste kräuterfressender Thiere einfach und natürlich erklärt.

In den Mycelien der Pilobolus-Arten bilden sich häufig, wenn die Fructification irgend welche Störung erleidet, kleine Gemmen aus; der Inhalt, welcher nicht ganz in die Sporangienanlage geströmt ist, sammelt sich an einzelnen Stellen an, die dann von Scheidewänden umgrenzt werden. Diese kleinen Gemmen haben die verschiedensten Formen, die sich nach den Mycelabschnitten richten, wo sie sich bilden. Sie keimen zu jeder Zeit zu neuen Mycelien aus, wenn man ihnen Nahrung zuführt (Fig. 10, Taf. IV).

Eine andere Art von Gemmenbildung habe ich fast regelmässig auf alten Culturen beobachtet. Sie sehen roth aus, sind mit Zwiebeln versehen und sehen beim P. microsporus, der zwei Zwiebeln am Fruchtträger hat, einer Zygospore täuschend ähnlich, sind vielleicht auch schon dafür gehalten[1]). Es sind dies unentwickelte Fruchtanlagen, welche sich mit dicken Membranen umgeben. Sie keimen ohne Nahrungszufuhr nach einiger Zeit aus; die Keimung hat täu-

---

[1]) In seiner Morphologie der Pilze erwähnt *de Bary* Zygosporen von Pilobolus, die hierher gehören können. p. 179.

schende Aehnlichkeit mit der Auskeimung einer Azygospore oder einer Zygospore (Fig. 12 u. 13).

Der grösste Theil dieser Gemmen geht aber durch einen Parasiten zu Grunde, welcher den röthlichen Inhalt völlig aufzehrt und damit ein Erbleichen herbeiführt. Zerdrückt man die weissgewordenen Gemmen, so treten eine Unzahl kleiner Sporen aus, die fast nicht grösser sind wie Protoplasmakörnchen, sie entsprechen in der Form und im Aussehen den Sporen von einer Bacillus-Form[1]. In der weiteren Untersuchung, die zunächst durch andere Bacterien, die ich nicht ausschliessen konnte, gestört wurde, bin ich leider durch meine Krankheit unterbrochen worden, und muss mir weitere Einzelheiten für spätere Zeit vorbehalten. — Dass die Pilobolus-Mycelien, namentlich aber die Fruchtträger von Piptocephalideen viel zu leiden haben, sieht man leicht auf jeder beliebigen Mistcultur. Die Träger sind innen oft ganz mit den Fäden der Parasiten angefüllt und aussen von ihnen dicht umsponnen.

Die Culturen der decapitirenden Piloboli verbreiten einen höchst widerlichen faulen Geruch, der nicht von Bacterien herrührt, sondern durch den vegetirenden Pilobolus entsteht.

Die wirklichen Zygosporen der letzten vier Pilobolus-Arten habe ich niemals gefunden, trotzdem ich mit besonderer Aufmerksamkeit danach gesucht habe. Auf den unzähligen rohen Culturen von den verschiedensten Mistsorten, welche ich seit 1869 untersucht habe, sind Zygosporen nicht vorgekommen, ebensowenig waren sie in künstlichen Substraten durch lange consecutive Culturreihen zu erreichen, die ich bis zu meiner Krankheit fortgesetzt habe: es traten in diesen immer nur die gewöhnlichen Sporangienträger auf.

Ich will hier kurz anschliessen, dass ich mit anderen Mucorinen, z. B. dem Mucor racemosus[2] etc., ganz dieselbe Erfahrung gemacht habe, dass weder in natürlichen noch in künstlichen Culturen, noch in consecutiven Culturreihen, die weit über 100 hinausgehen, und lediglich zu dem Zwecke unterhalten wurden, die Zygosporenbildung etwa nach langen Reihen ungeschlechtlicher Fortpflanzung herbeizuführen, jemals Zygosporen vorkamen. Diese nega-

---

[1]) Die Abbildungen auf Taf. I sind hier mit Taf. IV Fig. 11 *l* zu vergleichen.

[2]) Beschreibung und Abbildungen des Pilzes finden sich in den landwirthschaftl. Jahrbüchern V. Jahrgang 1876 in meiner Abh. über das Vorkommen und die Verbreitung der Alkoholgährung im Pflanzenreiche.

tiven Resultate fallen mehr in's Gewicht, wenn ich hinzufüge, dass sich bei anderen Formen die Sache wesentlich anders herausstellte. Bei der gleich zu beschreibenden Mortierella bildeten sich die Zygosporen schon nach kurzen Generationen ungeschlechtlicher Fortpflanzung, ebenso bei Piptocephalis und Chaetocladium. Beim Mucor Mucedo, Rhizopus nigricans etc. dauert es viel länger, bis die Zygosporen auftreten; beim Mucor dichotomus (Sporodinia grandis) hingegen und beim Mucor fusiger habe ich die Zygosporen in keiner Cultur vergeblich gesucht. Sie bilden sich neben den ungeschlechtlichen Trägern, die bald zahlreich bald sehr spärlich auftreten und zu Ende November, wenn die Hutpilze verschwinden, worauf sie leben, fast ganz zu Gunsten der Zygosporen zurücktreten[1]).

Nehmen wir dies verschiedene Verhalten der Formen der Zygomyceten in der Erzeugung der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fructificationen, wie es sich aus langjährigen mühevollen Culturen natürlich ergeben hat, als Thatsache hin, so lässt sie sich so ausdrücken, dass mit dem Mucor dichotomus verglichen in den Formen wie z. B. Piptocephalis, Mortierella Rsfk., Mucor Mucedo etc. ein Zurücktreten der geschlechtlichen Fortpflanzung zu Gunsten der ungeschlechtlichen erfolgt ist, und dass dies Zurücktreten bei dem Mucor racemosus, den Pilobolus-Formen etc. fast oder vielleicht ganz bis zum Verschwinden der sexuellen Fruchtformen resp. der Sexualität mit diesen Früchten fortgeschritten ist. Natürlicherweise würden die Beobachtungen resp. die beobachteten Thatsachen nicht ausschliessen, dass die Fruchtformen doch einmal nachträglich wieder auftreten, da ja eine Voraussetzung, dass sie überhaupt nicht existiren oder existirt haben, dass die betreffenden Pilze ursprünglich asexuell gewesen sind, nach der nahen Verwandtschaft der Formen der Zygomyceten, zu welchen die letzterwähnten zweifellos gehören, möglichst unwahrscheinlich sein würde.

Ich werde später Gelegenheit nehmen auszuführen, dass dieselben Thatsachen, welche hier bei den Zygomyceten kaum einer Missdeutung fähig sind, auch bei den Formen der anderen Pilzklassen vorliegen, und dass es nur möglich wird, über jetzt bestehende Unklarheiten in ihrer Beurtheilung, namentlich

[1]) In meinem Vortrage l. c. über copulirende Pilze 1875 habe ich schon über einige Resultate aus den Reihenculturen berichtet, die ich bei Mucor-Arten seit 1872 unterhalten habe.

bezüglich der Systematik hinauszukommen, wenn man sie in ihrer Bedeutung in Betracht zieht, wie ich es in der letzten Abhandlung dieses Heftes »Zur vergleichenden Morphologie der Pilze« zu thun versucht habe.

Es dürfte aber schon hier nicht überflüssig sein anzuführen, dass äussere Einflüsse, z. B. die Ernährung, die Beschaffenheit des Substrates, Luftzutritt etc. zwar von directer Bedeutung für den Entwicklungsgang sind insofern, als z. B. die Bildung grosser Fruchtformen, wie die Fruchtkörper von Penicillium, ohne normale gute Ernährung überhaupt nicht denkbar ist, dass dagegen das Auftreten der verschiedenen Fruchtformen eines Pilzes wohl weniger von diesen Umständen allein, als von anderen inneren Momenten abhängig sein kann. — So lange die drei Fruchtformen, die ungeschlechtlichen einerseits und die beiden geschlechtlichen oder eine von diesen anderseits auf demselben Individuum vorkommen, mögen äussere Lebensbedingungen eine Rolle spielen und das Ueberwiegen der einen oder der anderen Fruchtform bedingen, vielleicht sogar mangelhafte Ernährung das Auftreten der geschlechtlichen und speciell der männlichen Früchte fördern können. Wenn aber die Fruchtformen mehr oder minder streng auf verschiedene Individuen getrennt sind, welche entweder die ungeschlechtlichen oder die geschlechtlichen Fruchtformen ausbilden, so kommen schon mit dieser fortgeschrittenen Differenzirung die inneren Momente zur Geltung. Es fragt sich, in welcher Art der Wechsel ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Fruchtformen ausgebildet ist, in welchem Verhältnisse also die ungeschlechtlichen oder die geschlechtlichen Individuen resp. deren Fruchtformen überwiegend sind. In dem Maasse, als das eine oder das andere der Fall ist, verliert das äussere Moment der Ernährung an Bedeutung für die Erzeugung ungeschlechtlicher oder geschlechtlicher Generationen. Wo nun z. B. die geschlechtlichen Früchte schon soweit zurückgetreten sind, dass sie oft erst nach langen Generationen von Individuen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung erscheinen, dort helfen kaum noch äussere Umstände mit, den gewohnten Entwicklungsgang umzulenken; die geschlechtlichen Früchte oder Individuen lösen in bestimmter Zeit die Reihe der ungeschlechtlichen Generationen ab. Je weiter die eine oder die andere Fortpflanzungsform vorherrschend ist, je mehr bei der einen Pflanze die geschlechtlichen Fructificationen resp. die geschlechtlichen Individuen, bei der anderen die ungeschlechtlichen überwiegend sind bis zu dem Punkte, wo entweder die einen oder die anderen dem Ende sich nähern und

aus dem Entwicklungsgange verschwinden, um so einflussloser steht es mit den äusseren Umständen. — Für die geschlechtlichen Fruchtformen im Engeren scheint die Erzeugung der männlichen oder der weiblichen Früchte von äusseren Umständen dort beeinflusst zu sein, wo beide noch an demselben Individuum auftreten, wenigstens zeigt sich bei mangelhafter Ernährung häufig eine reichere Entwicklung der männlichen Früchte. Wenn aber auch hier eine Trennung der Früchte auf verschiedene Individuen erfolgt ist, dann können die Umstände nicht wohl anders liegen wie bei ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Früchten. Die Bildung männlicher oder weiblicher Individuen wird um so weniger von äusseren Umständen bestimmt werden, je weiter die Differenzirung in den geschlechtlichen Individuen und den Geschlechtszellen fortgeschritten ist, und schliesslich die Geschlechtszellen selbst eine morphologische Differenzirung aufweisen, an welcher man das Geschlecht der von ihnen erzeugten Individuen nicht minder deutlich erkennen kann, wie es z. B. an den Sporen heterosporischer Farne möglich ist; bei den Pflanzen ist aber dieser Punkt wohl noch nicht erreicht. — Auf anderweite Angaben in der Litteratur über das Auftreten der verschiedenen Fruchtformen bei Pilzen nach äusseren Einflüssen näher einzugehen, halte ich für überflüssig[1]).

---

[1]) Ich möchte an dieser Stelle die Bemerkung einschalten, dass ich selbst ursprünglich von der entgegengesetzten Auffassung ausgegangen bin und geglaubt habe, dass die Ernährung und zwar sowohl die Nährstoffe des Substrates wie der atmosphärische Sauerstoff für die Erzeugung weiterer, namentlich geschlechtlicher Fruchtformen bei den Pilzen von maassgebender Bedeutung sei. Den Fund bei Penicillium, bei welchem die Ernährung in der oben angedeuteten Weise, soweit es sich um die Erzeugung der Ascusfrüchte handelt, eine Rolle spielt, hoffte ich damals allgemein bei anderen Pilzformen zu erreichen (man vergl. meine Ausführungen auf S. 80—83 im II. Hefte der Schimmelpilze), fand mich aber in der Folge in meinen Erwartungen sehr getäuscht. Der Ausgang von Culturen, die nach Tausenden zählen, und die ich, wie ich später zeigen werde, auf alle möglichen Pilzformen ausgedehnt habe, hat mich inzwischen belehrt, dass die Annahme, von der ich ausging, eine nicht zutreffende ist. Es ergab sich, dass z. B. bei Penicillium die Perithecien unter vollem Luftzutritte so gut wie bei mangelhaftem Zutritte zur Entwicklung kommen, und dass kümmerliche und reiche Ernährung so wenig wie der volle oder mangelhafte Sauerstoffzutritt bei den vorhin genannten verschiedenen Zygomyceten die Bildung der Zygosporen allein herbeizuführen oder zu verhindern vermögen. Ich habe auf demselben Substrate von den verschieden entnommenen Sporen derselben Pilzform, z. B. von Piptocephalis, hier immer nur Zygosporen, dort nur ungeschlechtliche Fruchtträger bekommen; Veränderungen des Substrates änderten das Resultat nicht, auch nicht der Sauerstoff der Luft, mochte er voll oder mangelhaft zutreten. — Schon im Jahre 1875 habe ich l. c. meines Vortrages über copulirende Pilze meine frühere Deutung der Beobachtungen corrigirt; sie ist aber inzwischen von *van Tieghem* wieder aufgenommen worden

Die normale Formausbildung der Fruchtträger von Pilobolus in der Grösse steht natürlich ebenso, wie bei anderen Pilzformen, im directen Zusammenhange mit der Ernährung. Dieser Umstand darf für die Unterscheidung der Formen nicht unbeachtet bleiben. Ihre Charaktere werden, wie schon beim P. anomalus gezeigt wurde, mehr oder minder undeutlich und verwischt. Im Bau der Sporangien, in der Form der Columella und sogar in der Gestalt der Sporen zeigen sich Variationen, welche in normaler Cultur sofort verschwinden, welche aber voreilig beurtheilt zur Annahme neuer Formen führen können.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Formausbildung ist auch noch bei einzelnen Formen das Licht. Es ist bekannt, dass die Fruchtträger stark positiv heliotropisch sind, ebenso ist beobachtet, dass die Decapitation bei Ausschliessung des Lichtes verzögert werden kann, bei P. oedipus um kürzere Zeit, beim P. crystallinus um einige Stunden, beim P. roridus sogar ganz; dabei wachsen die Träger länger aus als sonst. — Ueber den P. microsporus liegen keine näheren Beobachtungen vor, bei ihm ist die Wirkung des Lichtes am grössten: die Fruchtträger vergeilen ohne Licht vollkommen, ohne dass es zur Anlage der Sporangien kommt.

Wählt man vergleichende Culturen, welche zum Theil im Finstern, zum Theil im Lichte gehalten sind, für die weitere Beobachtung aus, so lässt sich leicht ermitteln, wie bis zur Anlage der Fruchtträger, die mit dem 6. oder 7. Tage in allen Culturen als rothe Knöllchen auf dem Substrate erscheinen, das Licht ohne alle Bedeutung ist. Am nächsten Morgen sind diese Anlagen dann aber auf den beleuchteten Culturen zur Reife gelangt und werden abgeworfen, während auf den anderen, welche im Finstern stehen, die Träger etwa ½ Zoll Länge erreicht haben mögen, an ihrer wachsenden Spitze eine gelbe Zone zeigen, aber kein Sporangium gebildet haben. An den folgenden Tagen dauert die normale Entwicklung dort fort, während hier die Träger jeden Tag

(III Mémoire sur les Mucorinées l. c. Ann. d. sc. nat.). Da es leicht ist, sich im Wege der Cultur von der Zuverlässigkeit meiner Angaben zu überzeugen, so halte ich es für unnöthig, die Ausführungen des Hrn. *van Tieghem* weiter zu berücksichtigen. Uebrigens reicht eine blosse Erwägung schon zu ihrer Beurtheilung aus. Denn wenn es richtig wäre, dass man die geschlechtlichen Fruchtformen so leicht im Wege geeigneten Substrates und zutreffender Ernährung herstellen könnte, so müsste es geradezu unbegreiflich erscheinen, warum da Hr. *van Tieghem* zu den vielen Zygomyceten mit nur ungeschlechtlicher Fortpflanzung, die er beschrieben, nicht schon längst die zugehörigen geschlechtlichen Fruchtformen durch künstliche Cultur hergestellt hat.

um das Doppelte des ersten Tages gewachsen sind, an der Spitze die gelbe Wachsthumszone aber keine Sporangien zeigen. Das Längenwachsthum geht fort, 10—14 Tage lang, die Träger erreichen eine Länge von 8—10 Zoll, dann stehen sie still, die gelbe Spitze verschwindet, der Inhalt ist erschöpft und die weissen seidenglänzenden Träger welken ab, ohne die Bildung von Sporangien; die ganzen Culturen enden steril.

Um die Dauer der Beleuchtung zu bestimmen, die für die Bildung der Sporangien ausreichend ist, exponirte ich die Culturen, sobald sich die Anlagen der Sporangien an der Oberfläche zeigten, 1, 2, 3 und 4 Stunden dem Lichte. Es zeigte sich, dass schon eine zweistündige Beleuchtung hinreichte, die Anlagen, welche während der Exposition keine wahrnehmbaren Veränderungen zeigten, im Finstern zur Entwicklun zu bringen. An den länger beleuchteten Culturen war die Zahl der reifen Fruchtträger am nächsten Morgen im Verhältniss grösser und, wie es schien, auch die Sporangien selbst. Auf die noch nicht angelegten Fruchtanlagen des folgenden Tages hatte die Beleuchtung keinen Einfluss gehabt, sie vergeilten, wenn das Licht ausgeschlossen blieb.

Ein minimaler Zutritt von Licht, etwa durch eine Ritze des Schrankes oder des Verschlussdeckels künstlich hergestellt, machte sich sogleich bemerkbar. Es wurden Sporangien angelegt und langsam ausgebildet; dabei wandten sich alle Träger so energisch der Lichtquelle zu, dass ihre sämmtlichen Spitzen sich dort dicht zusammenlegten.

Bei Versuchen im blauen und gelben Lichte verhielten sich die Culturen hinter Kupferoxydammoniaklösung fast wie bei gewöhnlicher Beleuchtung; hinter einer Lösung von doppelt chromsaurem Kali vergeilten alle Fruchtträger wie im Finstern, sie legten keine Sporangien an, aber sie zeigten den intensivsten positiven Heliotropismus. Durch Umdrehung der Culturen in Pausen von einigen Stunden nahmen die Krümmungen eine zickzackförmige, bei kleinen Winkeln eine korkzieherartige Form an, die deutlich erkennen liess, dass die Wachsthumszone nur an der Spitze gelegen ist. Der P. microsporus kann allen denen als ein besonders geeignetes Versuchsobject empfohlen werden, welche sich von der Unrichtigkeit des bis dahin geltenden Satzes überzeugen wollen, dass die mechanischen Leistungen des Lichtes, also auch die Erscheinungen des Heliotropismus, an die stark brechbaren Strahlen

des sichtbaren Spectrums gebunden sind. Ich habe diese Beobachtungen, deren Mittheilung durch meine Krankheit lange hinausgeschoben ist, bereits zwei Jahre vor der ausführlichen Arbeit über den Heliotropismus von *Wiesner*[1]) meinen Zuhörern in Berlin gezeigt.

Da ohne die Mitwirkung des Lichtes eine Sonderung des Protoplasmas im Träger für die Anlage der Sporangien zu Gunsten einer Vergeilung unterbleibt, so wäre noch zu untersuchen, ob sich nicht die Wirkung des Lichtes noch etwas näher verfolgen liesse. — Es ist sehr wohl denkbar, dass mit der Sonderung des Protoplasmas die Kerntheilungen in rascher Folge verbunden sind, welche der Anlage der Sporen vorangehen dürften, und dass etwa diese Theilungen oder schon die Sonderung des Protoplasmas nur unter dem Einflusse des Lichtes erfolgen, und folglich ohne Licht die Anlagen von Sporangien mit Sporen unterbleiben. Dabei wäre zu beachten, ob diese Kerntheilungen im Sporangium allein vor sich gehen, und ob die Einwanderung eines kernhaltigen Theiles in das Sporangium als der Ausdruck der »Sonderung des Protoplasmas im Fruchtträger für die Sporenbildung« gelten kann. Vielleicht werden sich hier Verschiedenheiten zeigen, welche auch bei anderen Sporangien, z. B. bei denen der Ascomyceten (Ascen), je nachdem sie viele oder nur wenige Sporen bilden, wiederkehren dürften. Dass die Ascen der Ascomyceten nichts sind, wie Sporangien mit meist nur wenigen Sporen, und dass der besondere Begriff des Ascus nur dazu beigetragen hat, die natürlichen Verwandtschaften der Classe in der Bezeichnung des Ascus und der Ascomyceten zu verwischen, darauf will ich, vorbehaltlich einer ausführlicheren Begründung in den beiden letzten Abhandlungen dieses Heftes, hier nur andeutungsweise hinweisen.

Einer etwaigen Einwendung, dass das Substrat zur Ernährung des Pilzes, also der ausgekochte Mist mit seinem Salzreichthum, bei der Erscheinung der Vergeilung der Fruchtträger im Finstern ohne Sporangienanlage mitbetheiligt sein könnte, bin ich dadurch begegnet, dass ich die Culturen möglichst dünn herstellte, den ausgekochten Mist mehrfach auspresste und wieder mit Wasser auskochte. Auf Culturen dieser Art war das Resultat genau dasselbe und änderte sich auch dann nicht, als ich nach der erfolgten Anlage der vergeilenden Fruchtträger die Culturen einen halben Zoll hoch unter Wasser setzte.

---

[1]) *Wiesner*, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Wiener Akademie der Wissenschaften 1878.

Ich unterliess bei dieser Gelegenheit nicht, auch noch die beiden Coprinus-Arten, C. stercorarius und C. ephemerus, über welche ich im III. Hefte der Schimmelpilze betreffs der Bedeutung des Lichtes für die normale Entwicklung der Fruchtkörper berichtet habe, für eine Reihe ähnlicher Versuche heranzuziehen. Auch bei ihnen änderten sich die früheren Resultate nicht im Mindesten. Beim Copr. stercorarius habe ich einige Male bei niederer Temperatur als 12° nach Verlauf von 4—6 Wochen auf lang vergeilten Stielen kleine Hüte mit normalen Sporen erhalten. — Bei dem Copr. ephemerus stellte sich bei diesen neuen sehr zahlreichen Versuchen heraus, dass das Auftreten von Fruchtkörpern im Finstern eine ganz vereinzelte Erscheinung ist, dass nicht bloss die letzte Streckung der Elemente im Hute, wie ich früher angab, unter dem Einflusse des Lichtes steht, dass vielmehr in diesen Pilzen ein Object unter den höheren Pilzen vorliegt, wo die Anlage der Fruchtkörper überhaupt in der evidentesten Weise unter dem Einflusse des Lichtes steht, wie ich dies früher für andere Formen vermuthungsweise aussprach. In allen Culturen blieb die Bildung von Fruchtkörpern aus, von vereinzelten abgesehen, die sich zweifellos wie früher ohne Licht (unter 3—4fachem Verschluss) bis zur letzten Hutstreckung ausbildeten. Wurden nun diese Culturen, die ganz ohne Fruchtanlagen geblieben waren, beleuchtet, so war nach 4—5 Tagen die ganze Oberfläche buchstäblich mit jungen Anlagen bedeckt, die wiederum verdunkelt sich bis zur Hutstreckung entwickelten[1]).

[1]) An Objectträgerculturen von dem Coprinus ephemerus habe ich dann die Versuche und Beobachtungen wiederholt und gefunden, dass die Culturen ohne Fruchtkörperanlagen untergehen, wenn sie im Finstern gehalten werden, dass aber solche Mycelien, welche vier Wochen im Dunklen steril geblieben sind, dem Lichte ausgesetzt sogleich eine grosse Masse von Fruchtkörperanlagen bilden, von welchen allerdings meist nur 5—6 in jeder Cultur zur Sporenreife gelangen, während die übrigen aus Nahrungsmangel in verschiedenen Stadien der Entwicklung, aber meist schon eine deutliche Differenzirung in Hut und Stiel erkennen lassend, stehen bleiben und verkümmern. — Wen es interessirt, sich die positive Ueberzeugung zu verschaffen, dass die bei Basidiomyceten oft in ungeheuren Massen auftretenden, nicht keimenden Stäbchenfructificationen nichts mit der Bildung der Fruchtkörper auf denselben Mycelien zu thun haben, dem empfehle ich Culturen von Copr. ephemerus im Finstern zu machen. Während hier bei ungemessener Fülle der Stäbchen in den Culturen nicht eine einzige Fruchtanlage sich bildet, treten diese dann, wenn die Culturen beleuchtet werden, zu einer Zeit, wo keine Spur von den sehr vergänglichen Stäbchen mehr zu finden ist, in solcher Zahl auf, dass die ganzen Culturen davon bedeckt werden, dass im Verlaufe eines einzigen Fadens ganze Reihen von Anlagen sich bilden, welche in den ersten Anfängen verfolgbar sich als nichts anderes erweisen wie rein vegetativ entstehende Fadenaussprossungen.

Ich habe solche im Finstern steril gebliebenen Culturen $1/4$, andere $1/2$, wieder andere 1 sogar 2 Jahre stehen lassen, dabei ihr Austrocknen verhindert, und habe noch nach dieser langen Zeit, sowie nur das Licht einwirkte, die reichste Fruchtkörperbildung beobachtet. Für die Beurtheilung der Lebensweise der Basidiomyceten überhaupt, namentlich der vegetativen Zustände, dürften diese Beobachtungen nicht ohne Interesse sein, da sie zeigen, dass diese ohne Dauerzustände zu bilden und ohne erkennbar zu wachsen mehrere Jahre vegetiren können, und also mit Grund vermuthen lassen, dass die reichen vegetativen Entwicklungen, die man in Bergwerken, in Kellern und andern finstern Räumen vorfindet, sterile Bildungen sind, welche ohne die Mitwirkung des Lichtes nicht zur Fruchtbildung kommen können[1].

Um die Anlagen von Fruchtkörpern beim Copr. ephemerus hervorzurufen, genügt eine Exposition von 24 Stunden, vielleicht noch kürzere Zeit; sie bilden sich dann nachträglich im Finstern aus, während man nach der Beleuchtung noch keine Spur von ihnen sieht. Bei ausgebildeten, aber ohne Licht verwelkten Fruchtkörpern genügt eine Exposition von 4 — 5 Stunden die dann noch schlaff erscheinenden Fruchtkörper im Finstern zur Turgescenz und zum Abwerfen der Sporen zu bringen. — Ueber anderweite, leider in ihrem Gange durch meine Krankheit unterbrochene Versuche bezüglich der Bedeutung des Lichtes für die Fruchtkörperanlage und ihre Entwicklung bei Basidiomyceten werde ich später berichten, aber schon hier anführen, dass der Fall beim Copr. ephemerus nicht vereinzelt dasteht.

---

[1]) Neuerdings habe ich aus einem Bergwerke auch Fruchtkörper von Polyporus-Arten zugeschickt erhalten, welche ganz im Finstern gewachsen sein sollen. Eine von diesen Formen in der Gestalt eines langen Baumastes, ist das wunderbarste Gebilde, welches mir von einem Basidiomyceten bis jetzt zu Gesicht gekommen ist. Es ist nach Art eines Sympodiums aufgebaut und trägt in treppenförmigen Etagen alternirend nach links und rechts die einzelnen getrennten Hymenien. Das nächst höhere Hymenium scheint durch seitliche Aussprossung aus dem Rücken des tieferen zu entstehen und dieses zur Seite zu drängen; weitere Einzelheiten muss ich für das nächste Heft verschieben.

Mortierella Rostafinskii.

Ueber diesen kleinen Schimmelpilz habe ich bereits im Jahre 1876 eine kurze Mittheilung gemacht[1]). Ich fand ihn auf Pferdemist und cultivirte ihn für die weitere Untersuchung auf ausgekochtem pilzfreien Substrate, wo er vollkommen rein zur üppigsten Entwicklung gelangte. Nach 5—6 Tagen zeigten sich die ersten Fruchtträger mit grossen weissen Sporangien auf der Oberfläche des Substrates. Bald erschienen sie auch auf den freien Wänden des Culturgefässes und breiteten sich schliesslich über den ganzen Glasdeckel aus.

Es war hier schon mit blossem Auge deutlich zu sehen, dass die kurzen Fruchtträger in so weiter Entfernung vom Nährboden an langen Stolonen gebildet wurden, die auf ihm ihren Ursprung nahmen (Fig. 1—6 *st* Taf. V). Durch ein dickes Bündel von Rhizoiden waren die Fruchtträger dort, wo sie aus den Stolonen entsprangen, an ihre Unterlage befestigt (Fig. 3—6 *rh*). Normaler Weise war die Bildung der Rhizoiden an der Basis der Fruchtträger eine so reiche, dass sie den unteren Theil desselben miteinhüllten und sich hier, auf das engste verbunden, zu einem förmlichen Gewebe zusammenschlossen, welches aus scheidewandlosen Schläuchen zusammengesetzt war. Dies Gewebe reichte häufig bis zu ¼ der Höhe der Fruchtträger hinauf, gleichsam eine Kapsel bildend, aus welcher die Spitze des Fruchtträgers mit dem Sporangium frei hervorragte. An solchen Stellen, wo die Entwicklung der Fruchtträger eine besonders reiche war, bildeten die Massen der Rhizoiden benachbarter Fruchtträger eine fest ge-

[1]) *Brefeld*, Weitere Mittheilungen über copulirende Pilze, Sitzungsbericht des botanischen Vereins in Berlin und der Ges. naturf. Freunde 20. Juni 1876.

schlossene Masse, ein förmliches Stroma, welchem die Fruchtträger eingebettet zu sein schienen. Die äusseren Partieen der Gewebekapseln waren deutlich gelb bis braun gefärbt und cuticularisirt. — Die Sporangien blieben auch nach vollkommener Sporenreife weiss. Ihre Membranen, an welchen ich Secretionen von oxalsaurem Kalke nicht beobachtet habe, sind aber bereits in diesem Zustande zerflossen. Die weisse Sporenmasse, von einer farblosen Zwischensubstanz verklebt, liess sich leicht von dem Träger entfernen, der oben etwas verdickte Membranen zeigte. An seiner kegelförmig abschliessenden Spitze hing kragenartig ein basales Stück der Sporangienmembran herab, welches nicht zerflossen und in etwas geschweifter Form rückwärts geschlagen war (Fig. 7 u. 8). Von einer Columella nach Art der Mucorformen war nichts zu sehen. Die Sporen hatten eine regelmässige, ovallängliche Form und ein gleichmässiges lichtglänzendes Ansehen, ihre Grösse betrug 0,005 Mm. Breite und 0,006 Mm. Länge.

Zur näheren Untersuchung wurden die Sporen einzeln auf Objectträgerculturen in Mistdecoct verfolgt. Sie schwollen mit der Keimung um das Mehrfache an, bildeten Keimschläuche, dann ein Mycelium ganz nach Art der Mycelien, die ich früher von Mucor[1]) beschrieben habe. Die Mycelschläuche sind nicht sehr weitlumig, von eleganter schlanker Form, der Inhalt feinkörnig und glänzend, Scheidewände fehlen.

Sobald die Mycelien 3—4 Tage alt sind, treten beliebige, meist weit vorgeschobene Arme über das Substrat und wachsen als Stolonen, welche aber ganz das Aussehen und den Werth gewöhnlicher Mycelfäden haben, in die Luft.

Eine besondere Abbildung eines Mycels von Mortierella habe ich nicht beigegeben und bitte das Bild von Chaetocladium Fresenii (Fig. 3, Taf. II) als Typus eines Stolonen bildenden Mycels bei den Zygomyceten zu nehmen. So wie es dort gezeichnet ist, wachsen überall die Stolonen aus den Mycelien; diese bleiben bei Chaetocladium kleiner, da bald eine Ernährung durch Parasitismus auf Mucorfruchtträgern eintritt.

Die Anfangs gewöhnlich nach oben gerichteten Ausläufer des Myceliums senken sich, wenn sie keine Wand finden, wieder nieder und verlaufen horizontal über den Objectträger. Sie bleiben zunächst unverzweigt und erreichen oft eine bedeutende Länge (Fig. 3—6 *st*). Erst nach etwa 2 Tagen finden Ver-

---

[1]) *Brefeld*, Schimmelpilze I. Heft, Mucor Mucedo, Taf. I.

zweigungen statt und zwar an solchen Stellen, welche sich dem Objectträger fest angeschmiegt haben. Die Verzweigungen sind dort, wo sie auftreten, reiche, dagegen erreichen die Zweige, welche sich ihrerseits unregelmässig weiter verzweigen, keine erhebliche Länge, legen sich aber der Unterlage flach und fest an (Fig. 3—6 *rh*). Sie sind die Rhizoiden, in ihrer Mitte zeigen sich bald die Anlagen der Fruchtträger als dicke Sprosse, die nach oben wachsen. Gleich über ihrem Ursprunge schwellen die Fruchtträgersprosse um das Vielfache an (Fig. 3—6 *fr*), so dass es schon in den nächsten Stadien schwer wird, die Ursprungsstelle genau zu sehen. Nachdem sie auf den ersten Rhizoidenarmen angelegt sind, setzen nun die Rhizoiden und die Fruchtträger ihre weitere Entwicklung gleichmässig fort. Die Rhizoiden verzweigen sich um den aufstrebenden Fruchtträger aufs reichste, hüllen seine Basis ein, bis sie endlich zu dem Gewebe des Gehäuses dicht um ihn zusammenschliessen. Der Fruchtträger verjüngt sich mit fortdauerndem Spitzenwachsthum allmählich bis zum Beginn der Sporangiumanlage an seiner Spitze. Es ist hierbei für die Form charakteristisch, dass nun, wenn der Fruchtträger ausgewachsen ist, nicht seine ganze Spitze zum Sporangium anschwillt, sondern nur eine eng umschriebene centrale Zone in dieser zum Sporangium auswächst; hierdurch erhält der Fruchtträger die ihm eigenthümliche Einschnürung unterhalb des Sporangiums (Fig. 7 u. 8). Nach der Sonderung des Protoplasmas zur Sporenbildung stellt eine Scheidewand die unten geschlossene Wölbung des Fruchtträgers her und grenzt, ohne Bildung einer Columella, Sporangium und Träger ab (Fig. 8 *c*). Während der Ausbildung der Sporen verdicken die oberen Partieen der Träger ihre Wände. An dieser Verdickung nimmt auch der basale Theil der Sporangienwand Antheil, er bleibt als Kragen zurück, wenn der obere zerflossen ist und die Sporenmasse mit ihm abgetrennt wird (Fig. 8).

Nur bei schlecht ernährten Mycelien erschöpft ein Ausläufer mit der Anlage eines Fruchtlagers mit Fruchtträgern seine Entwicklung. Unter besseren Umständen setzt er sie fort und treibt oberhalb des ersten Fruchtlagers neue Stolonenverzweigungen; oder es wachsen auch beliebige der ersten Rhizoidenarme zu neuen Stolonen aus, um weitere Fruchtlager zu bilden (Fig. 3 *st*). In dieser Weise geht der Process weiter fort; der Reichthum und die Ueppigkeit der Fruchtlager hängt nur von der Ernährung der Mycelien ab.

Wenn die Culturen alt werden, ein Austrocknen erfolgt, oder sonst Stö-

rungen eintreten, sammelt sich das Protoplasma in den vegetativen Fäden zu gemmenartigen Bildungen an, welche, ähnlich wie beim Mucor racemosus, später vegetativ auskeimen, oder auch direct kleine Fruchtträger mit winzigen Rhizoiden bilden können (Fig. 9*g*).

Ich habe Fruchtträger, im vollkommenen geweheartigen Stroma eingeschlossen, nicht abgebildet, weil die Zeichnung nur schematisch ausführbar war, und weil es leicht ist, sich nach den gleich zu beschreibenden und abgebildeten Zygosporen eine Verstellung von ihnen zu bilden. Dagegen habe ich nicht unterlassen, genau zu verfolgen, ob in dem zeitlichen Ursprunge von Rhizoiden und Fruchtträgern an den Stolonen stets Regelmässigkeit herrscht, ob immer die Rhizoiden der Fruchtträgeranlage vorausgehen, oder ob diese auch eher erfolgen kann, als die Rhizoiden auftreten. Ich habe das letztere, die nachträgliche Bildung von Rhizoiden an Fruchtträgeranlagen, nicht selten beobachtet (Fig. 5), und ich will an dieser Stelle gleich die weitere Beobachtung einschalten, dass zwischen den verschiedenen Fäden des Pilzes, Mycelien, Stolonen und Rhizoiden, wiewohl sie scheidewandlos sind, an beliebigen Stellen Fusionen bis zu netzförmigen Anastomosen eintreten können gleich denen, die ich bei anderen Pilzformen mit septirten Fäden verschiedentlich abgebildet habe[1]).

In sehr mageren Nährlösungen, welche fast dem Wasser gleichkommen, keimen die Sporen der Mortierella noch aus. Sie bilden minutiöse Mycelien mit Stolonen und an diesen meist Fruchtträger ohne Rhizoiden (Fig. 2). Die Sporangien, die sonst Tausende von Sporen enthalten, sinken auf 2 — 4 Sporen zurück. Die Zahl der Sporen war stets die Paarzahl, wenn mehr wie 2 vorhanden waren, dagegen habe ich eine einzige Spore nicht angetroffen. Ganz dieselben Beobachtungen habe ich bei vielen Mucorinen, ebenso bei Myxomyceten, z. B. Dictyostelium gemacht; auch in den Sporangien der Ascomyceten, in den Ascen, habe ich niemals unpaarige Sporenzahlen angetroffen[2]).

---

[1]) Auf den Tafeln der drei letzten Hefte der Schimmelpilze finden sich verschiedene Abbildungen dieser Art, namentlich auf der I. Tafel des III. Heftes.

[2]) Ich will hier anmerken, dass diese Beobachtungen im Verein mit anderweiten Erwägungen mich schon seit längerer Zeit zu der Auffassung hingeführt hatten, der ich auch in meinen Vorlesungen Ausdruck gegeben habe, dass die verschiedenen Zellbildungsvorgänge bei der Erzeugung von Sporen auf fortgesetzte Zweitheilung natürlich zurückzuführen seien, dass mithin Vorgänge, die man als simultane Theilung und freie Zellbildung unterscheidet, nur graduell aber nicht principiell abweichende Vorgänge der Zweitheilung seien, bei welchen die Theilungsvorgänge

Die Culturen der Mortierella mochten in fortlaufender Reihe vielleicht auf 10—12 Generationen mit ausschliesslich ungeschlechtlichen Fruchtträgern der beschriebenen Art gediehen sein, als sich ein Zurücktreten, fast ein Stillstand dieser Fortpflanzungsform bemerkbar machte. Eine sorgfältige Musterung des Substrates zeigte die üppigste vegetative Entwicklung des Pilzes, und doch waren wenige oder gar keine Fruchtträger gebildet. Statt ihrer fanden sich zahlreich dicke, gelbbraune Knollen dem dichtesten Hyphenfilze eingebettet und die nähere Untersuchung ergab, dass diese Bildungen die Zygosporen der Mortierella waren (Fig. 16, Taf. VI). Diese sind hier mit einer grossen braunen Gewebekapsel umgeben und sehen hierdurch in der äusseren Form eher einem Perithecium, z. B. von Penicillium, ähnlich, als den bis jetzt bekannten Zygosporen der Zygomyceten. Die Grösse der gefundenen Fruchtträger betrug durchschnittlich 1,5 Mm.

Im Wege der Präparation wurden die Zygosporen von der Gewebekapsel befreit, welche sie eng und fest umschloss (Fig. 18 u. 19). Die entkapselte Zygospore, von 1,0 Mm. Grösse, war von einer sehr dicken Membran umgeben (Fig. 20 u. 21), die aussen kleine Vorsprünge zeigte, von welchen ich nicht sicher entscheiden konnte, ob sie der Membran selbst als Auswüchse angehören oder Gewebereste der fest anschliessenden Kapsel sind. Die Membran war schwach gelblich, zeigte die Reaction der Cellulose und keine weitere Differenzirung in Exo- und Endosporium, wie sie bei allen anderen Zygosporen vorkommt (Fig. 27, Taf. IV und die Tafeln des I. Heftes). Nur vereinzelt zeigten frei präparirte

---

nur äusserlich auffallende Abweichungen zeigen je nach den Umständen, ob sie schnell nach einander erfolgen, ob sie von Membranabscheidungen begleitet sind, ob der Inhalt der Mutterzelle völlig in den Tochterzellen aufgeht, oder ob ein mehr oder minder grosser Theil des Inhaltes für die Tochterzellen keine Verwendung findet, und dann als Zwischensubstanz, an verschiedenen Stellen abgeschieden und mit verschiedenen Eigenschaften bald quellbar, wasseranziehend, bald kleberig, bald membranartig erhärtend ausgerüstet, die Entleerung der Mutterzelle, des Sporangiums, von den Tochterzellen, den Sporen, und die Verbreitung der Sporen natürlich herbeiführt etc. (Man vergleiche die Anmerkung auf den ersten Seiten meiner Mittheilung über copulirende Pilze bei den naturf. Freunden Juli 1875). Meine Krankheit hat mich gehindert, in dem Verhalten der Zellkerne und ihren Theilungen Beobachtungen zur Begründung meiner Auffassung auszuführen, die durch die Untersuchungen von *Strasburger* über Zellbildung und Zelltheilung nahegelegt waren. — Beobachtungen nach dieser Richtung sind aber inzwischen mit bestem Erfolge von *Schmitz* gemacht worden. (Untersuchungen über Zellkerne der Thallophyten, niederrh. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde zu Bonn, August 1879.)

Zygosporen einen Contour in der dicken Membran, welcher eine Differenzirung andeutete, und wenn eine solche Spore zerdrückt wurde, trat an eben dieser Stelle eine Spaltung der Membran ein (Fig. 18 u. 21). Der Inhalt der Sporen, dickes Protoplasma mit vielen kleinen statt eines grossen Oeltropfens, war nicht weiter abweichend (Fig. 20 u. 21).

Eine möglichst übersichtliche Ansicht der Fruchtkörper und ihres Baues ergab sich auf dünnen Querschnitten, die bei der Festigkeit, mit welcher die Kapsel die Spore umschliesst, leicht in vollem Zusammenhange herzustellen waren. Die Kapsel gleicht in ihrer Dicke fast dem halben Durchmesser der Sporen, abgesehen von den loseren Hyphen, welche die Fruchtkörper umhüllen (Fig. 17, Taf. VI). Diese werden nach innen zu schnell dichter und schliessen bald zu einer compacten Gewebemasse zusammen, derjenigen gleich, welche auch die Fruchtträger umgibt. Wiewohl die Kapsel den zelligen Bau des Pilzparenchyms zeigt, kann man sich leicht durch Präparation überzeugen, dass es auch hier nur scheidewandlose Schläuche sind, welche in ihren dichten Verzweigungen zum Gewebe zusammenschliessen. Der äussere Theil der Kapsel hat eine braune Farbe (Fig. 17 *cpa*), welche von einer Cuticularisirung der Membranen herrührt; die Farbe verblasst allmählich nach innen, wo das Gewebe in der Umgebung der Zygospore farblos ist (Fig. 17 *cpi*). Es hat den Anschein, als ob die cuticularisirte Aussenpartie der Kapsel die Function des cuticularisirten Exosporiums anderer Zygosporen übernimmt, und damit die bekannte Differenzirung der Zygosporen in Exo- und Endosporium unterbleibt.

In weiteren Culturen, welche ich mit Mycelfäden oder mit den Sporen der etwa noch gebildeten Fruchtträger fortsetzte, erhielt ich fort und fort Zygosporen sehr zahlreich und oft so dicht neben einander gebildet, dass die Kapselmassen zusammengewachsen waren (Fig. 16 *c*).

Die erste Bildung der Zygosporen war schwierig zu verfolgen, da sie nicht auf Objectträgerculturen auftreten wollten und nur an den freien Wänden des Culturgefässes übersichtlich aufzufinden waren. Die Stätte, wo sie sich bilden, wird durch ein kleines Flöckchen von Hyphen verrathen. Dieses entsteht genau so an den Stolonen, wie die Rhizoiden bei der Bildung der Fruchtträger. Nach der Anlage der Rhizoiden treten auf diesen die copulirenden Keulen auf, welche sich nach zangenförmiger Ausbiegung zusammenschliessen (Fig. 11, Taf. V). Dies Bild sieht man mit vollkommener Deutlichkeit; dagegen

ist es bei der Menge von Stolonen, die durcheinander wachsen, nicht möglich, zu sehen, ob die Keulen von einem oder je von verschiedenen Ausläufern gebildet werden. Bald nachher umhüllen die schnell wachsenden und sich verzweigenden Rhizoiden den ganzen Copulationsapparat (Fig. 12) Nur durch aufhellende Mittel sieht man in der Hyphenhülle die Abscheidung der copulirenden Zellen deutlich, und in Präparaten von etwas weiter vorgerückten Stadien schon die junge Zygospore, welche aus deren Copulation entstanden ist (Fig. 13). Die Spore, mit dichtem körnigem Inhalte angefüllt, vergrössert sich rapide und in gleichem Verhältnisse nimmt die Hyphenhülle der Rhizoiden durch reiche Verzweigung zu. Es leuchtet von selbst ein, dass die im Innern der Hülle wachsende Zygospore diese nach Aussen schieben muss, und sowohl hierdurch wie durch die fortdauernde Verzweigung der Hyphen schreitet das Geflecht von Fäden bis zur Dichtigkeit eines Gewebes fort (Fig. 14 u. 15). Die Träger der Zygosporen verschwinden in der Hyphenhülle und scheinen, soweit man nach den einzelnen Stadien urtheilen kann, nicht bedeutend mit der Zygospore auszuwachsen, deren Grössenzunahme vorzugsweise einseitig über der Insertion der Suspensoren so erfolgt, dass sie schon bald nicht mehr zwischen, sondern über den Trägern steht (Fig. 15). — Dem Ende des Wachsthums, dem Aufhören der Grössenzunahme schliesst sich der Uebergang in den Dauerzustand: die Concentration des Inhaltes der Spore (wahrscheinlich durch Wasserausscheidung) und die Abscheidung des Fettes im Protoplasma, die Membranverdickung und die Cuticularisirung der Kapsel als eine Reihe längst bekannter Vorgänge unmittelbar an (Fig. 17, 20 u. 21, Taf. VI).

Um die Zygosporen zur Keimung zu bringen, verfuhr ich wie in früheren Fällen und legte sie, rein gesammelt, auf feuchtes Löschpapier, welches ich oft erneute. — Es traten auf den Kapseln in mehreren Fällen zahlreiche Fruchtträger auf (Fig. 22, Taf. VI). Sie kamen aber, wie ich mich durch Präparation überzeugte, nicht aus der Zygosporen-, sondern aus der Hyphenkapsel. An anderen Zygosporen bildeten sich sogar neue Zygosporenanlagen aus den auswachsenden Hyphen des inneren Kapselgewebes. Eine wirkliche Auskeimung der Zygosporen habe ich vergeblich erwartet. Nach einigen Monaten waren die Kapseln welk und brüchig geworden, der Inhalt der Sporen vergilbt und sie selbst zweifellos abgestorben. Dasselbe Schicksal hatten eine lange Reihe von Culturen mit vorzüglich ausgebildeten Zygosporen, welche ich mühevoll hergestellt

und gesammelt hatte. Da möglicher Weise die Kapsel bei der Art der Cultur ein Hinderniss der Keimung sein konnte, habe ich nicht unterlassen, eine Anzahl Zygosporen von der Kapsel vorsichtig zu befreien und dann auszulegen. Indess der Erfolg war derselbe, die Sporen starben ab. In weiteren Fällen liess ich die Sporen auf dem Substrate, wo sie gebildet waren, liegen; aber auch so gingen sie durch Absterben ohne Keimung unter. Nach diesen Misserfolgen blieb nur noch die Aussicht, die Sporen nach längerer Ruhezeit zur Keimung zu bringen. Leider sind diese Versuche nicht völlig zu Ende geführt worden, sie wurden durch meine Krankheit unterbrochen. Soweit ich sie verfolgen konnte, lassen sie ein Urtheil dahin zu, dass auch hier die Keimung ausbleibt, sie waren zum wesentlichen Theile während des Trockenliegens schon abgestorben.

Die vielen Keimungsversuche, die ich mit grosser Sorgfalt und vielem Zeitaufwande gemacht habe, legen in ihrem stets negativen Ausgange den Gedanken nahe, ob nicht die Zygosporen die Keimfähigkeit überhaupt verloren haben möchten; einer solchen Deutung würden, wie ich später darthun werde, anderweite Beobachtungen bei Fruchtträgern der Ascomyceten nicht entgegen sein. Mit der enormen Grösse der Zygosporen im Vergleich zu den Sporangien der Fruchtträger (Fig. 8, 20 u. 21) steht eine Voraussetzung, dass sie nach Art anderer Zygosporen mit der Bildung e i n e s Fruchtträgers keimen, nicht recht im Einklange, der Inhalt würde ausreichen für die Ausbildung einer beträchtlichen Anzahl von Fruchtträgern.

Ausser den beschriebenen Fruchtträgern, Gemmen und Zygosporen gehören dem Entwicklungsgange unserer Mortierella keine Fruchtformen an. Conidien, welche reichlich, z. B. bei der M. polycephala und bei Choanephora[1]) neben den Sporangien vorkommen, und wie Sporangiensporen zu neuen Mycelien auskeimen, habe ich auf reinen, noch so alten Culturen nicht gesehen, wohl aber einmal auf rohem Miste, wo ich die Mortierella fand, Bildungen wie Fig. 10, Taf. V vereinzelt gefunden, die der Mortierella nicht angehören.

Das wesentlich neue thatsächliche Moment, welches die Entwicklungsgeschichte der Mortierella im Vergleich mit den bisher bekannten Daten bei anderen Zygomyceten in sich schliesst, ist offenbar in ihren Zygosporen gegeben.

---

[1]) *C. D. Cunningham*, On the occurrence of Conidial Fructification in the Mucorini, illustrated by Choanephora. Transactions of the Linnean Society of London, Second Series, Botany vol. 1.

Diese sind umkapselte Früchte, sie haben ein förmliches Carposporium, welches noch vor kurzer Zeit wenigen Familien der Algen, z. B. Florideen, Coleochaeteen und unter den Pilzen z. B. den Ascomyceten als typischer Charakter von solcher Tragweite zugeschrieben wurde, dass darauf eine Pflanzenclasse mit dem Namen der »Carposporeen« begründet worden ist, welche die erwähnten (und noch andere) Pflanzenfamilien zusammenzwingt[1].

Die in der ersten Begegnung allerdings etwas befremdende Thatsache »der umkapselten Zygosporen« verliert indess bald von ihrer Merkwürdigkeit, wenn wir zu ihrer Beurtheilung die Entwicklungsgeschichte namentlich der ungeschlechtlichen Fruchtträger vergleichend zu Hülfe nehmen. Diese zeigt, dass nicht bloss die Zygosporen, sondern auch die Sporangienträger ein Carpospor besitzen. Ueber die Homologie beider Bildungen kann nicht der leiseste Zweifel bestehen; sie sind im Ursprunge und in der Entwicklung gleich, nur quantitativ verschieden, indem die Zygospore ganz, die Fruchtträger nur zum Theil von der Kapsel umschlossen werden. Die ganz analoge Entstehung der Rhizoiden, aus welchen das Carpospor sich bildet, bei den Fruchtträgern und bei den copulirenden Keulen legt die Deutung nahe, dass die Keulen die Analoga der Fruchtträger sind, dass man sie als männliche und weibliche resp. geschlechtliche Fruchtträger aufzufassen hat, dass ferner die copulirenden Zellen die Sporangien sind, welche hier copuliren und, ohne dass männliche und weibliche Sporen in ihnen gebildet werden, das neue Product der Zygospore erzeugen.

Für die grössere Mächtigkeit des Carpospors bei den Zygosporen im Vergleich zu dem der Fruchtträger würde hiernach ein natürlicher Grund in dem Umstande gegeben sein, dass sich zu ihrer Bildung die Rhizoiden von zwei Trägern vereinigen, und dass nach der Grösse der Zygospore und nach der längeren Dauer ihrer Entwicklung auch eine längere und grössere Fortbildung der Rhizoiden, welche sie begleitet, stattfindet.

Das durchaus gleiche Vorkommen und die gleiche Entwicklungsart eines Carpospors bei den ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Früchten steht mit

[1]) Der Erfinder dieser »Carposporeen« ist *Sachs*, Lehrbuch, IV. Auflage p. 286; leider sind diese Carposporeen auch in andere Lehrbücher, z. B. in das Handbuch der systematischen Botanik von *Luerssen*, Leipzig 1877—1881 übergegangen, wo sie in einer erneuten Auflage aber wohl wieder verschwinden dürften.

einer Deutung, dass das Carpospor bei den Zygosporen in Folge des geschlechtlichen Actes, durch dessen Anregung, erzeugt werde, schon nicht im Einklange. Die Beobachtungen zeigen aber weiterhin, dass in der Erscheinung des Carpospors resp. der Kapselbildung überhaupt nichts anderes vorliegt, wie eine weiter vorgeschrittene morphologische Differenzirung, welche mit der Fructification Platz greift in der Art, dass statt der Bildung einfacher Fruchtträger, wie wir sie in anderen Fällen bei den Zygomyceten antreffen, hier eine Gliederung in besondere sterile und in fertile Hyphensprosse erfolgt, welche letztere von den ersteren mehr oder weniger so eingeschlossen werden, dass ein förmlicher Fruchtkörper entsteht.

Diese Differenzirung mit der Anlage der Fruchtträger tritt hier nun so ein, dass für gewöhnlich erst einige Rhizoiden, dann auf diesen die Fruchtträgersprosse entstehen. Beide Theile, fertile und sterile Sprosse, also Träger und Rhizoiden oder Kapselhyphen, wachsen dann später fort, bis die Sporangienträger oder die Zygosporen, welche von den geschlechtlichen Fruchtträgern nach ihrer Vereinigung gebildet werden, reif sind und vielleicht noch länger; denn ich habe die Träger (die ungeschlechtlichen) noch nach der Reife der Sporangien mit Inhalt gefüllt angetroffen.

Die Bildung des Carpospors als das natürliche Moment einer höheren morphologischen Differenzirung bei Fruchtträgern, geschlechtlichen sowohl wie ungeschlechtlichen, habe ich hier mit besonderem Nachdrucke hervorgehoben, um darzulegen, dass es jedenfalls nicht richtig sein würde, das Carpospor mit der Sexualität oder vielmehr mit dem Befruchtungsvorgange in ursächlichen Zusammenhang zu bringen. — Das letztere ist nun bei Ascomyceten[1]) mit besonderer Vorliebe geschehen, und man hat Beobachtungen einer frühen Differenzirung bei Ascusfrüchten in einen fertilen Faden und in sterile Hüllschläuche, wie sie vereinzelt vorkommt, so gedeutet, dass der Initialfaden, der die Ascen (Sporangien) erzeugt, als die weibliche Geschlechtszelle »Ascogon« aufgefasst wird, und dass die Hüllschläuche, deren erster Faden die Rolle des befruchtenden »Pollinodium« spielen soll, als eine nachträgliche besondere Bildung, welche dem supponirten Geschlechtsacte ihren

1) *Sachs*, Lehrbuch IV. Auflage p. 287 u. 310. — Ich selbst habe bei Penicillium im III. Hefte dieser Schimmelpilze eine gleiche Deutung aufrecht erhalten, jedoch schon nach kurzer Zeit (Untersuchungen über Basidiomyceten, botanische Zeitung, 1876) wieder fallen gelassen.

Ursprung verdankt, angesehen werden. Bei dieser Deutung figurirten dann hie und da unsicher gesehene Fusionen zwischen den beiden ersten Fäden, dem sterilen Hüllschlauche und dem fertilen Ascogon, wie sie anderweit bei den Pilzen als eine überaus verbreitete Erscheinung vorkommen, als der eigentliche Befruchtungsvorgang. — Es ist klar, dass diese Deutungen an sich die Möglichkeit der thatsächlichen Wahrheit nicht ausschliessen, aber ebenso klar, dass die Beobachtungen, worauf sie sich stützen, sich auch anders und natürlicher deuten lassen, wenn wir die in der Mortierella vorliegenden Thatsachen zu Grunde legen, und dass sie nicht beweisend sind für den sexuellen Ursprung der Ascusfrucht und somit für die Sexualität der Ascomyceten im Allgemeinen, die *de Bary*[1]) damit zu beweisen versucht hat. Ich komme in einer späteren Abhandlung dieses Heftes auf diese Sexualität der Ascomyceten zurück, will aber an dieser Stelle noch zu zeigen versuchen, dass auch dem Vorkommen des Carpospors gerade bei der Ascusfrucht und nicht auch bei den anderen Früchten der Ascomyceten[2]) eine weitere und besondere Bedeutung nicht beizulegen ist, indem sich diesem analoge Vorkommnisse bei den Formen der Zygomyceten unschwer auffinden lassen.

Es sind bei diesen, wie es scheint, besonders die Stolonen führenden Formen, an welchen die höhere Differenzirung der Fruchtträger eingetreten ist. Am Rhizopus nigricans sind z. B. die ungeschlechtlichen Fruchtträger mit Rhizoiden versehen, bei den geschlechtlichen Trägern fehlen sie vollkommen, die Zygosporen sind frei[3]). Bei den Piptocephalideen, die ich seit 1869 beobachtet habe und die inzwischen als »Syncephalis« beschrieben worden sind, zeigen ebenfalls die ungeschlechtlichen Fruchtträger eine Differenzirung in Rhizoiden und Träger, während die Zygosporen

[1]) *de Bary*, Beiträge zur Morphologie III. Reihe, Eurotium, Erysiphe und Bemerkungen über die Gezchlechtsorgane der Ascomyceten.

[2]) In dem Umstande, dass bei ascogonen Schrauben dort, wo sie in der Anlage der Hüllbildung vorausgehen, die Bildung des Carpospors ganz unterbleiben kann, vermag ich nichts anderes zu sehen wie den analogen Fall einer Carpospor- resp. Rhizoidenbildung ohne Fruchtträger, wie sie bei der Mortierella gar nicht selten zu finden ist. — Die Fruchtanlagen können in den verschiedensten Stadien der Entwicklung stehen bleiben, wenn eine mangelhafte Ernährung, ein Eintrocknen der Cultur oder anderweite Entwicklungshemmungen oder Störungen sich geltend machen.

[3]) *de Bary*, Beiträge zur Morphologie der Pilze, Mucor stolonifer, II. Reihe, 1866.

wiederum frei sind. Beim Mucor violaceus (Phycomyces nitens) würde der entgegengesetzte Fall vorliegen, Absidia sich in etwa der Mortierella anschliessen, wenn die vorliegenden Angaben[1]) sich bestätigen sollten; und ohne Zweifel wird die Zahl dieser Fälle sich vermehren, sobald weitere Zygosporen zu den meist vorherrschenden ungeschlechtlichen Fruchtträgern aufgefunden werden. Soweit aber unsere Kenntnisse reichen, genügen sie schon vollkommen, um den Beweis zu geben, dass in den Grenzen einer natürlichen Classe — und als eine solche können die Zygomyceten zweifellos gelten — Formen mit freien und mit differenzirten Fruchtträgern vorkommen, und dass die Rhizoiden, Fruchthüllen oder Carpospore, wie man sie nennen mag, entweder nur bei den geschlechtlichen oder nur bei den ungeschlechtlichen Fruchtformen oder bei beiden vorkommen können.

Dieser ungleiche Gang in der morphologischen Differenzirung der ungeschlechtlichen und der geschlechtlichen Fruchtformen eines Pilzes, den wir bei den niederen Fadenpilzen, den Phycomyceten, nur vereinzelt, gleichsam als eine Ausnahme von der Regel, finden, ist bei den höheren Fadenpilzen, den Mycomyceten, umgekehrt Regel mit Ausnahmen geworden. In diesem Umstande liegt der scheinbar weite Abstand begründet, wie wir ihn z. B. bei den verschiedenen Fruchtformen der Ascomyceten[2]) zwischen freien Conidienträgern und den differenzirten Sporangien- resp. Ascusfrüchten besonders scharf ausgebildet antreffen.

Für systematische Zwecke kann dem Carpospor nur ein bescheidener Werth beigelegt werden, der sich in den Grenzen einer Classe verschieden bemessen dürfte. — Die Abgrenzung der Mortierelleen als eine besondere Familie der Zygomyceten, welche ich anfangs[3]) mit Rücksicht auf das Carpospor selbst befürwortet habe, halte ich jetzt nicht mehr für zutreffend. Es ist vielmehr

---

[1]) *van Tieghem,* Récherches sur les Mucorinées l. c. Ann. d. scienc. naturelles, I, II und III Mémoire. — Nach meiner Meinung ist Phycomyces nitens nur ein gewöhnlicher Mucor, der seinen violetten Sporangienträgern nach wohl am besten M. violaceus benannt wird.

[2]) Näheres hierüber folgt in den drei letzten Abhandlungen dieses IV. Heftes der Schimmelpilze.

[3]) l. c. der vorläufigen Mittheilung über die Mortierella bei den naturf. Freunden, Juni 1876, p. 5.

wahrscheinlich, dass sich unter diesen auch noch Formen finden werden, bei welchen das Carpospor entweder an den ungeschlechtlichen oder an den geschlechtlichen Fruchtträgern oder gar an beiden völlig fehlt.

Wie mir scheint, ist vorläufig eine Abgrenzung der verschiedenen Zygomyceten im Sinne des natürlichen Systems nur so möglich, dass man von den Sporangien führenden Formen ausgeht und von ihnen die Conidien führenden als reducirte Bildungen gleichsam ableitet. Die Conidien sind nachweislich nichts anderes wie Sporangien, die auf eine Spore zurückgegangen sind, indem das Sporangium selbst zur Spore also zur Conidie geworden ist. Man kann diese Reduction der Sporangien zu Conidien bei den niederen Pilzen an verschiedenen Stellen und zwar bei ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fruchtformen nachweisen, ebenso bei den höheren Pilzen, wie ich in den späteren Abhandlungen ausführen werde. Eine solche Reduction ist unter den Zygomyceten bei den Chaetocladiaceen und bei den Piptocephalideen eingetreten.

Unter den Sporangien tragenden Formen, welche ich früher als Mucorinen zusammengefasst habe, finden sich solche vor, bei welchen, z. B. bei Thamnidium (Fig. 5—8, Taf. II), die Sporangien der verzweigten Fruchtträger zum Theil kleiner werden. Gewöhnlich trägt ein solcher Fruchtträger zweierlei Sporangien, ein grösseres an der Spitze und viele kleinere an den Seitenzweigen tiefer am Träger. Durch längere Cultur von Thamnidium-Formen lassen sich leicht alle möglichen Uebergänge herstellen zwischen dem grossen apicalen Sporangium und den kleineren seitlichen, den Sporangiolen, und ebenso finden sich, wie ich schon in der dritten Abhandlung dieses Heftes beschrieben habe, Fälle nicht selten vor, in welchen die grossen Sporangien an den Fruchtträgern abortirt sind. Denken wir uns nun den weiteren Fall, dass die Sporangiolen allein auftreten, aber statt 4 oder mehreren nur mehr eine Spore im Sporangium ausbilden, also in der eben angeführten Art zur Conidie reducirt sind, so hätten wir, durch Rückbildung entstanden, eine Form, welche dem Chaetocladium sehr nahe kommt. Nehmen wir dann noch den weiteren möglichen Fall hinzu, dass beide Fruchtformen, die zu Conidien reducirten Sporangiolen und die Sporangien erhalten sind, aber nicht mehr an einem Träger gleichzeitig, sondern auf zwei verschiedene Träger vertheilt auftreten, so erhalten wir Formen wie Choanephora und Mortierella polycephala. Diese zweierlei Sporangien, kleine und grosse, dann Conidien und Sporangien besitzenden Pilze, die wiederum durch eine Spaltung der 2 Frucht-

formen auf zwei verschiedene Träger[1]) leicht zu deuten sind, bilden von Thamnidium nach Choanephora den Uebergang von den ausschliesslich Sporangien bildenden Formen (Mucor, Pilobolus Rhizopus etc.) zu den Conidien führenden Chaetocladium, Piptocephalis etc.

Diese Zusammenstellung lehrt zwar, dass der Abstand zwischen den Formen, namentlich der Abstand zwischen den Sporangien und den Conidien führenden Formen kein grosser ist[2]); aber damit hat, wie ich glaube, dieses unterscheidende Merkmal seine systematische Verwendbarkeit nicht bloss nicht verloren, sondern sein Werth tritt nun recht deutlich hervor, und er wird sich noch überzeugender herausstellen, wenn wir in den Bemerkungen zur vergleichenden Morphologie der Pilze in der letzten Abhandlung dieses Heftes sehen werden, wie dieses Merkmal der Reduction der Sporangien zu Conidien, welches sich hier in seinen unverkennbaren Anfängen zeigt, bei den höheren Pilzen zu einer so durchgreifenden Entwicklung gediehen ist, dass es als classenbildender Charakter eine Verwendung findet, welche zur Stütze der natürlichen Systematik der Pilze wird.

Für die Zygomyceten, soweit sie bis jetzt bekannt sind, würde somit vorläufig die Classificirung nach den ungeschlechtlichen Fruchtträgern in die 3 Familien: Mucorineen, Chaetocladiaceen und Piptocephalideen beizubehalten sein, wie ich sie vor 8 Jahren eingeführt habe. Die frühere Familie der Mucorineen muss aber jetzt eine engere Begrenzung erfahren. Es müssen zunächst die Formen mit zweierlei Sporangien, wie Thamnidium, abgetrennt und als besondere Familie der Thamnidieae bezeichnet werden. Dasselbe muss mit den Formen geschehen, welche Sporangien und Conidien tragen, wie Mortierella polycephala und Choanephora[3]), diese schliessen sich den Thamnidieae

---

[1]) Das Vorkommen von zweierlei Fruchtformen in der ungeschlechtlichen Fructification bei anderen Pilzen ist dem hier dargelegten Falle bei den Zygomyceten aller Wahrscheinlichkeit nach analog und dürfte darum auf einen analogen Bildungsmodus zurückzuführen sein, wie er hier in besonderer Klarheit und Uebersichtlichkeit in der noch jetzt bestehenden Reihe von Formen vorliegt; ich erinnere an die Vorkommnisse bei Ascomyceten z. B. Pleospora und an die Uredo und Teleutosporen mit Sporidien bei den Aecidiomyceten. Bei diesen letzteren würde noch der besondere weitere Fortschritt in der Differenzirung dieser Fruchtformen hinzukommen, dass sie in bestimmter Fruchtfolge, in einer Art von Generationswechsel mit einander verbunden sind.

[2]) *Brefeld*, Zygomyceten, p. 52—56. Schimmelpilze I. Heft.

[3]) Für die Formen mit Conidien und Sporangien dürfte die Vereinigung zu einer Gattung und zwar zu Choanephora zu empfehlen sein, Mortierella würde dann nur Sporangien ohne Columella haben und den Mucorineen zuzurechnen sein.

als weitere Familie der Choanephoreae an. Unter den Formen dieser 3 Familien: Mucorineae, Thamnidieae und Choanephoreae geben die Bildung von Stolonen, die Differenzirung der Fruchtträger resp. Rhizoiden oder Carposporbildung, Verzweigung der Träger[1]), Bau der Sporangien und Form der Sporen und Zygosporen engere generische und specifische Unterscheidungsmerkmale ab. Den Choanephoreen schliessen sich die Chaetocladiaceen an, welche nur Conidienträger besitzen. Die Piptocephalideen, bei welchen sich die Sporangien oder Conidien der Länge nach zergliedern, sind ausserdem durch die verschiedene Art der Ausbildung der Zygosporen charakterisirt[2]).

Um den Raum zu füllen, den ich auf der Tafel für die Keimung der Zygosporen der Mortierellen offen gelassen hatte, habe ich die verschiedenen Keimungsformen der Zygosporen, deren ich früher erwähnt habe, an dem Mucor dichotomus[3]) (Sporodinia grandis) in einigen Abbildungen dargestellt.

Die Figuren 23—25, Tafel VI, stellen Mycel- und Fruchtträgerkeimungen aus Zygosporen dar. — Die Keimung mit Fruchtträgern (Fig. 23 und 25, Taf. VI) ist der normale Fall[4]), sie tritt im ersten Herbst schon nach 8tägigem Ausliegen der Sporen auf feuchtem Papier ein. Die Mycelkeimung (Fig. 24) erhält man nur dann, wenn die eben auskeimenden Sporen in stark verdünnte Nährlösung von Bierwürze etc. gebracht werden. Die Keimschläuche, von deren Mehrzahl sonst nur einer zum Fruchtträger auswächst, treiben sämmtlich zu Mycelschläuchen aus, welche wiederum, wenn man sie in reiche Nährlösung oder auf Brod bringt, direct Zygosporen und gleichzeitig gewöhnliche Frucht-

---

[1]) Unter den Stolonen führenden Formen, z. B. den Arten der Gattung Rhizopus, gibt es eine ganze Anzahl, bei welchen die Fruchtträger keine Differenzirungen erfahren, also keine Rhizoiden auftreten. — Zu den Formen mit verzweigten Fruchtträgern gehören einzelne, die über einen Fuss hoch werden, indem die Fruchtträger nach Anlage des ersten Sporangiums sympodial weiterwachsen und immer neue Sporangien erzeugen. Ich deute dies vorbehaltlich ausführlicher Mittheilungen hier nur an.

[2]) Auf die Classification der Zygomyceten, die *van Tieghem* versucht hat und auf seine Nomenclatur will ich nur nebenbei hinweisen. Der Werth seiner neuen Gattungen, z. B. Mucor fusiger als Spinellus fusiger nach Mycelauszweigungen bedarf ebenfalls keiner Beleuchtung.

[3]) *Brefeld*, l. c. meines Vortrages über copulirende Pilze bei den naturf. Freunden, Juli 1875. — Sporodinia grandis besitzt meiner Meinung nach nicht den Werth einer Gattung, dürfte daher als Mucor dichotomus besser dem Genus Mucor als Species eingereiht werden.

[4]) *de Bary*, Beiträge zur Morphologie, I. Reihe, Sporodinia grandis. Die Abbildungen von *de Bary* über die Keimung der Zygosporen sind unvollständig. Man sieht Keimschläuche, aber keine Fruchtträger.

träger bilden. Aus den so gewonnenen Zygosporen habe ich im Wege der Mycelkeimung 3 Generationen hindurch wiederum Zygosporen und Fruchtträger am selben Mycelium erhalten. In allen Versuchen, die ich angestellt, fand ich die Sporangienträger nicht allein, sondern mit den Zygosporen zusammen an einem Mycelium, während sie bei Piptocephalis und Chaetocladium zwar auch an demselben Mycelium, aber immer erst nach langen Reihen rein ungeschlechtlicher Fortpflanzung in Fruchtträgern vorkommen. — In Fig. 25 ist eine Fruchtträgerkeimung aus einer Zygospore abgebildet, welche die Verbindungsstelle der copulirenden Zellen durch eine Einschnürung deutlich zeigt. Aus jedem so markirten Zygosporentheile findet eine Auskeimung gesondert statt, an der einen Seite seitlich, an der anderen durch den Suspensor. Die Auskeimung durch den Suspensor ist auch bei anderen Zygosporen des Mucor und bei andern Mucorarten z. B. M. Mucedo und Mucor fusiger, nicht selten, sie zeigt, dass es unzutreffend sein würde, nach der häufigeren Auskeimung senkrecht zur Richtung der Suspensoren den morphologischen Ort der Keimung zu bestimmen

Die beiden Keimungsformen mit Mycelium und Fruchtträgern, also vegetative und fructificative, sind bei beliebigen anderen Zygosporen ebenso leicht zu erreichen, wie bei denen von Mucor dichotomus. — Soweit man nach Versuchen mit Saprolegnieen und Peronosporeen etc. schliessen kann, keimen die analogen Oosporen der Oomyceten je nach den Umständen in derselben Weise verschieden aus, wie die Zygosporen der Zygomyceten, mit Ausschluss der Fälle, wo hier die ungeschlechtliche Fruchtform untergegangen oder dem Untergange nahe ist, und wo eine künstliche Ernährung »bei Parasiten« nicht mehr gelingt (Ustilagineen).

Entomophthora radicans.

Die Beobachtungen, die ich hier zusammengestellt habe, bilden eine Ergänzung zu einer früheren Untersuchung über die Entomophthoreen aus dem Jahre 1869/70. Diese umfasste die Entwicklungsgeschichte der Entomophthora radicans und der Empusa Muscae[1]) in ihren vegetativen Zuständen und in der ungeschlechtlichen Fructificationsform, in welcher man diese insectenbewohnenden Pilze gewöhnlich und in besonders auffälliger Weise in jedem Herbste auf den Stubenfliegen antrifft.

Es gelang mir damals nicht, eine weitere Fruchtform aufzufinden, deren Existenz aber nach dem Ausgange der Untersuchung sicher vermuthet und nach der Analogie mit dem Entwicklungsgange anderer Pilzformen fast zweifellos erscheinen musste. Die Sporen der untersuchten ungeschlechtlichen Fructification bewahrten nur eine kurze Zeit ihre Keimfähigkeit; in ihnen konnten die Pilze zur Winterzeit nicht fortbestehen und ausdauern, wenn die lebenden Insecten, das natürliche Substrat für ihre Entwicklung, fehlten. Die Auffindung von Dauersporen blieb erneuten Untersuchungen vorbehalten, und von diesen war zugleich ein weiterer Aufschluss über anderweite eventuell geschlechtliche Fortpflanzungsformen der Entomophthoreen zu erwarten.

Bei dem Stubenfliegenpilz, für dessen Untersuchung fast jedes Zimmer das Material im Herbste liefert, blieben mehrere Jahre hindurch alle meine Bemühungen erfolglos. Ich machte in der früher beschriebenen Weise Reihen-

---

[1]) *Brefeld*, Untersuchungen über die Entwicklung der Empusa Muscae und E. radicans. Abh. der naturf. Gesellschaft in Halle, Bd. XII, Halle 1871 bei H. W. Schmidt.

infectionen bis in den Januar hinein, ohne etwas anderes zu erreichen als die Bildung der gewöhnlichen Fruchtlager, welche aus den angeschwollenen Fliegenleibern ihre Sporen in die Umgebung werfen und um die getödteten Fliegen bald einen weissen Hof erzeugen. Zwar liess die Entwicklung der Fruchtlager mit dem Herannahen des Winters nach, aber ohne dass Dauersporen sich bildeten; es blieben nur die vegetativen Zustände in der Entwicklung stehen und trockneten mit der Fliege ein; sie im nächsten Jahre zur Keimung zu bringen, gelang nicht.

Von der Entomophthora radicans fand ich im Herbst 1875 die gesuchten Dauersporen, nachdem ich mich 5 Jahre lang vergeblich nach einer neuen Pilzepidemie unter den Kohlraupen umgesehen hatte. Die Pilzkrankheit war in dem erwähnten Jahre nur vereinzelt anzutreffen, es war aber gleichsam nur der Vorläufer einer grossen Epidemie, wie ich sie im Jahre 1869 angetroffen hatte, wo ich den Pilz auf Kohlraupen zum ersten Male fand. Ich benutzte das schöne Material, da die Keimung der Dauersporen vom Herbste des Vorjahres fehlgeschlagen war, zu einer erneuten Untersuchung über die Bildung der Dauersporen und schlug hierzu den Weg consecutiver Reiheninfectionen ein, die mit den Sporen der Fruchtlager, wie früher, eingeleitet wurden. Ich wählte für jede Reihe 120 Raupen aus, die ich von pilzfreien Stellen zusammenholte[1]).

Von der ersten Serie inficirter Raupen erlagen 81 der Pilzkrankheit, die übrigen gingen durch thierische Parasiten, Pteromalus puparum, oder durch Verpuppung für den Versuch verloren. Bei 62 erfolgte mit dem 7. Tage nach der Infection die Eruption des Pilzes zur Bildung der bekannten Fruchtlager, welchen, genau wie in allen früheren Fällen, die Anlage von Rhizoidenbündeln zwischen den vorderen Beinen vorausging (Fig. 1 *a* u. *b*, Taf. VII). Die Mycelien, welche aus den in den Leib eingedrungenen Keimschläuchen der aufgetragenen Sporen sich entwickelt, darauf innerhalb 6 Tagen die ganze Raupensubstanz bis auf die Tracheen und die Magencontenta aufgezehrt (Fig. 2) und mit dieser Umwandlung der Raupe in eine Pilzpseudomorphose den Tod der Thiere langsam herbeigeführt hatten, durchbrachen an allen Stellen die Haut, um die Fruchtlager zu bilden. Sie sind oft mit dem Austritt aus dem Thierleibe strangweise ver-

---

[1]) Eine vorläufige Mittheilung über die nachstehende Untersuchung über die Entomophthora radicans findet sich in den Sitzungsberichten der Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin vom 20. März 1877, unter dem Titel »die Entomophthoreen und ihre Verwandten«.

bunden und verzweigen sieh naeh Aussen waehsend bald so reichlich, dass die Fäden seitlich zusammenschliessen, die Raupe in Form eines diehten grünlichen Filzes verhüllend (Fig. 1 *b* u. Fig. 2 u. 3). Die Myeelfäden und die fruetifieirenden Hyphen sind ungefähr von gleichen Dimensionen und häufig von Scheidewänden durehsetzt. Auf den letzten kurzen Verzweigungen der Frueht-hyphen, welehe palissadenartig zusammenschliessen, werden die Sporen dureh Abschnürung gebildet (Fig. 3 u. 4) und durch Aufplatzen des dureh eine Seheidewand abgegrenzten Schlauchendes abgesehleudert. Die Sporenbildung geht bis zur Erschöpfung des Pilzes fort, das Endresultat ist ein unkennbarer Raupenrest, umgeben von dieken, grünliehen Sporenmassen (Fig. 1 *c*). Die Sporen behalten 8 Tage ihre Keimfähigkeit, keimen unter Wasser mit der Bildung eines Keimsehlauches (Fig. 4 *c*), der, wenn er die Luft erreicht oder wenn die Spore auf Wasser keimt, an seiner Spitze eine Seeundär-, unter Umständen aus dieser wieder eine Tertiärspore bildet; eine kurze auf den Keimungsact zusammengedrängte Wiederholung der Fructifieation (Fig. 4 *d*). — Ich muss zu dieser hier kurz resumirten Entwieklung der ungesehleehtlichen Fruchtlager, die ich früher ausführlieh beschrieben habe[1], noch nachtragen, dass nicht alle Hyphen des ausbreehenden Pilzes fructificiren, dass in kurzen Abständen steril bleibende Fäden über das Fruchtlager haarartig, den Paraphysen höherer Pilze vergleichbar, hinauswaehsen (Fig. 3, 3).

Während nun bei 62 Raupen die Eruption des Pilzes zur Fruchtlagerbildung vor sieh ging, verlief bei 19 anderen die Saehe anders. Bei einigen von ihnen zeigte sieh aussen eine sehwaehe Fruetification, welehe sich bald auf das eine Ende der Raupe bald auf zwei getrennte Stellen beschränkte, bei den anderen zeigte sieh niehts von einem Fruehtlager. Bei allen war aber die vegetative Entwicklung des Pilzes im Leibe eine normale, ebenso war der Tod in der bestimmten Zeitfrist eingetreten, und die Bildung der Rhizoiden, der Vorläufer der Fruetification, sogar sehr üppig erfolgt (Fig. 1 *a*). Die Fructifieation war unterblieben und sie blieb aueh ferner aus. Die pilzerfüllten Raupen bewahrten noch mehrere Tage den starren prallen Leib, dann wurden sie weich und schrumpften langsam zu zerbrechliehen Mumien ein (Fig. 1 *d*). Diese bestanden aus der wenig veränderten Raupenhaut, welehe eine diehte Masse grosser diek-

[1]) l. c. der ersten Abh. aus den Verh. der naturf. Gesellsch. in Halle.

wandiger Sporen gleichfalls als einen weissgelben Inhalt umschloss. Die Fruchtlager, welche bei den 62 Raupen aufgetreten, waren bei den 19 mehr oder weniger ganz zurückgetreten, und wo dies geschehen, fand sich, wie zu ihrem Ersatz, die Dauersporenbildung im Innern vor (Fig. 5—12).

Die Sporen von den Fruchtlagern der ersten Infection dienten für eine zweite Infectionsreihe. Von dieser wurden 79 Raupen durch den Pilz getödtet, 50 bildeten aussen Fruchtlager, 29 trockneten mit Dauersporen im Innern zu Mumien ein. — Die dritte Infectionsreihe ergab von 77 getödteten Raupen 38 Mumien. — In der vierten Reihe beschränkte sich die Bildung der Fruchtlager auf 29 Raupen, während 54 Mumien erhalten wurden. Darauf war das Verhältniss 60 : 14 und endlich zeigten nur mehr 3—5 Raupen einige eruptive Stellen, die übrigen wurden Mumien mit Dauersporen.

Es erhellt aus der Summe der Versuche, dass der Pilz in fortlaufenden Generationen, mit dem Fortschritte der Jahreszeit ungefähr Schritt haltend, seine Entwicklung ändert. Es gehen die ungeschlechtlichen Sporenlager auf der Raupe, welche wohl vorher in längeren Generationen bis Mitte September, wo ich meine Untersuchung anfing, ausschliesslich aufgetreten sein dürften[1]), allmählich ein, sie werden abgelöst durch die grossen Dauersporen, die im Innern der Raupen sich bilden (Fig. 2—12). Von diesen kann es nach ihrem dichten fettreichen Inhalte und der reichen Ausstattung mit dicken Membranen nicht zweifelhaft sein, dass sie die vermuthete weitere Fruchtform und zugleich die gesuchten Dauerzustände des Pilzes sind (Fig. 10—13).

Nach dem hier dargelegten Verlaufe der Untersuchungen ist indess die Zugehörigkeit der Dauerspore zu der E. radicans nur in sehr hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dabei die Möglichkeit der Gegenwart eines anderen Parasiten nicht ausgeschlossen; sie erhält erst volle Beweiskraft durch die Controlversuche, die jeder Infectionsreihe parallel gingen, und die zeigten, dass die Raupen von derselben Stelle entnommen, an demselben Orte, unter gleichen Um-

---

[1]) Ich habe bis zu dieser Zeit draussen im Freien nur Raupen mit ungeschlechtlichen Fruchtlagern angetroffen. Dann kamen Mumien gleichzeitig mit den Fruchtlagern vor; endlich hörten die Fruchtlager auf und alle Raupen trockneten zu Mumien mit Dauersporen ein, die sich an einzelnen Stellen in grosser Zahl an den Kohlblättern vorfanden. Der Verlauf der Entwicklung des Pilzes im Freien entspricht somit genau den Beobachtungen, die vorhin an den consecutiven Infectionsreihen gemacht wurden.

ständen gehalten und mit demselben Futter genährt stets gesund blieben, wenn sie nicht inficirt wurden.

Die Dauersporen entstehen an den Mycelien, sobald diese die ganze Raupe angefüllt haben. Die Rhizoiden sah ich ausnahmslos dem Auftreten der Dauersporen in derselben Art vorangehen, wie dies bei den Fruchtlagern geschieht. Die Sporen bilden sich an allen Stellen der reichverzweigten und in ihren Verzweigungen dicht verflochtenen Mycelien als seitliche Auswüchse der Fäden, diesen fast unmittelbar aufsitzend (Fig. 5—9). Einen Zusammenhang der innen Dauersporen und aussen Fruchtlager bildenden Fäden lässt sich in den wenigen Fällen, wo beide Fruchtformen noch neben einander auftreten, auch durch die geschickteste Präparation nicht erweisen; ein solcher Zusammenhang würde überdies ohne andere Beweismittel nichts beweisen, er tritt bei einem Parasitismus wie z. B. bei Chaetocladium ja auch ein[1]).

Die erste Anlage der Dauersporen im Verlaufe eines Fadens übersichtlich zu verfolgen, ist durch die dichten Mycelverzweigungen, an welchen sie auftreten, erschwert, um so mehr, als auch die Sporen sehr zahlreich und dicht zusammen sich bilden. Legt man einzelne Fäden durch Präparation frei, so sieht man deutlich, dass die Anschwellungen direct aus den Fäden kommen und zwar meist an Stellen, wo ein Seitenarm abgeht, hie und da sogar 4 Arme ausstrahlen; dabei ist es nicht schwer zu sehen, dass die dichte Verknäuelung der Fäden nicht allein durch reiche Verzweigung, sondern zugleich durch Anastomosenbildung zu Stande kommt (Fig. 5—9). Es liegt nahe, diese Anastomosen mit der Bildung der Sporen in einen ursächlichen Zuzammenhang zu bringen und anzunehmen, dass die Sporen, welche in der Nähe der Fadenverbindungen auftreten, erst durch sie entstehen. Einer solchen Deutung gegenüber, deren Berechtigung nicht bestritten werden kann, bleibt aber zu erwägen, dass diese Fadenanastomosen durchaus den Charakter vegetativer Fusionen tragen, wie sie auch anderweit an den Mycelien vorkommen, wie sie bei Mycelien niederer Pilze z. B. den Mortierellen, ferner bei höheren Pilzen, den Ascomyceten häufig auftreten und in den Schnallenfusionen der Basidiomyceten[2]) eine bestimmtere Form annehmen, ohne dass es Jemandem in den Sinn käme, diese Vorgänge anders

---

[1]) *Brefeld*, Schimmelpilze I. Heft, Taf. III und IV. Heft, Taf. II.

[2]) Ich verweise auf die Abbildungen in den drei letzten Heften der Schimmelpilze.

auszulegen. Es bleibt ferner zu erwägen, dass in den anastomosirenden Fäden die Scheidewände selten sind, dass von copulirenden Sexualzellen nicht die Rede sein kann, dass die Sporen in ihrem örtlichen Auftreten zu den Auszweigungen, resp. den Anastomosen (deren Bildung man ja nicht direct verfolgen kann) durchaus keine Regelmässigkeit zeigen, bald über diesen stehen, bald seitlich mehr oder minder weit entfernt vorkommen und endlich im Verlaufe von Fäden auftreten, an welchen man vergeblich irgend eine Anastomose aufsucht[1]) (Fig. 7, 8 u. 9). Die Bildung der Sporen erinnert lebhaft an die ebenfalls durch dichte Fadenverknäuelung zur Undeutlichkeit verwickelten Vorgänge der Sporenbildung bei den Ustilagineen, z. B. Ustilago, Urocystis, Tilletia, Sorisporium etc. Es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, dass auch hier ähnliche Fusionen der Fäden die dichte Verknäuelung herbeiführen, sie sind bei Urocystis nachgewiesen[2]), in anderen Fällen z. B. bei Geminella aber wiederum bei der Sporenbildung nicht gefunden worden[3]).

Sobald die Sporenanlagen hervortreten, wandert das Protoplasma der Fäden in sie hinein und zwar in dem Maasse, als sie wachsen. In den sich entleerenden Fäden treten nach rückwärts Scheidewände auf, von denen es fast scheinen könnte, als ob sie das austretende Protoplasma immer enger abgrenzen sollten. Sie bilden sich ohne Regel bald zahlreich, in anderen Fällen vereinzelt (Fig. 8 u. 9). Mit dem Uebertreten des Protoplasmas in die Sporenanlage ist eine Concentration desselben durch Abscheidung von Wasser verbunden, welches wenigstens zum Theil in den Fäden zurückbleibt. Sie werden hierdurch welk und schlaff und da vorher die Raupen von den prallen Fäden voll und turgescent waren, so ist nichts natürlicher, als dass sie mit diesen Vorgängen ihr volles Ansehen verlieren und auch welk und weich werden. Dieser Zustand dauert, solange die Sporen reifen, an, bis das Wasser durch die Haut verdunstet ist, diese um die reifen Sporen zusammensinkt und damit das Ganze zur Mumie einschrumpft (Fig. 1 *d*).

---

1) *Nowakowski* hat unabhängig von mir die Dauersporen von E. curvispora, ovispora und radicans gefunden und die Fadenverschmelzungen als Copulation gedeutet. Bot. Zeitung 1877, p. 217, die Copulation bei einigen Entomophthoreen.

2) *K. Wolff*, Der Brand des Getreides, Halle 1874, Waisenhausbuchhandlung, Taf. V, Fig. 22.

3) *G. Winter*, Einige Notizen über die Familie der Ustilagineen, Flora 1876, Nro. 10 u. 11, Taf. IV.

In den Mumien ist von den Fäden, an welchen sich die Sporen bildeten, kaum eine Spur zu finden, ähnlich wie es auch bei Ustilagineen der Fall ist. Sie vergehen, resp. lösen sich auf, wenn sie entleert sind und eine Wand die inhalterfüllte Spore abgeschieden hat. In den Sporen verläuft die Sonderung des Protoplasma wie in anderen Fällen. In dem anfangs gleichmässigen Inhalte treten Fetttröpfchen auf, die sich schliesslich in der Mitte zu einem grossen Tropfen sammeln, während der übrige Theil sich aufhellt. Eine starke Membranbildung nach Aussen begleitet diese inneren Vorgänge, sie schliesst mit der Differenzirung in ein dickes Exo- und dünnes Endosporium ab (Fig. 10). Die Farbe der nicht stark cuticularisirten Aussenhaut ist gelblich weiss, daher sieht auch die Masse der Sporen gelblich aus. Einzeln besehen ist ihre Form rund, die Oberfläche wenig uneben, ihre Grösse durchschnittlich = 0,025 mm; vereinzelt kommen längliche Formen vor und Verwachsungen aus 2, die aber nur äusserlich sind und nicht als Doppelsporen durch Theilung entstanden gedeutet werden dürfen (Fig. 11 u. 13).

Die Bildung der Dauersporen von der Anlage bis zur Reife dauert 8 bis 10 Tage. Häufig trocknen die Raupen eher ein, als die Sonderung des Inhaltes der Sporen und die Abscheidung der Membranen beendigt ist. Die Mumien enthalten dann unreife dünnwandige Sporen, die einen körnigen Inhalt haben. Diese Sporen reifen nach, sobald die Mumien wieder feucht gelegt werden; vergeht aber eine längere Zeit, 1 oder 2 Monate, bis dies geschieht, dann sind sie todt. So kommt es, dass man mit den Mumien vielfach unreife Sporen einsammelt, die im nächsten Frühjahr nicht auskeimen. Ich habe Grund, meine bisherigen wiederholt missglückten Keimungsversuche im Wesentlichen auf diesen Umstand zurückzuführen, den ich erst später klar stellte. Eine weitere Erklärung dürfte darin zu suchen sein, dass die Sporen, wenn sie den Winter hindurch trocken gehalten sind, die Keimkraft verloren haben, und dass es wiederum schwer möglich ist, die in der Natur obwaltenden Umstände der Befeuchtnng so nachzuahmen, dass die Sporen nicht durch Nässe, Bacterienbildung etc. leiden und untergehen. Leider ist das im vorverflossenen Herbst zum vierten Male mit aller Vorsicht eingesammelte Material während meiner Krankheit unbrauchbar geworden[1]). — Dasselbe Schicksal haben auch die Dauersporen von 2 Em-

[1]) Es scheint mir nicht unmöglich, dass die Dauersporen von Entomophthoreen, die Insecten bewohnen, eine mehrjährige Ruhezeit haben bis zur Keimung. Soweit ich beobachtete,

pusa-Arten gehabt, die ich in demselben Sommer gefunden und eingesammelt hatte und hier vorläufig kurz beschreiben will.

Die eine von diesen fand ich draussen im Freien auf Fliegen, unter welchen sie in der ganzen Umgebung von Eberswalde im Juli 1879 verheerend auftrat. Die getödteten pilzerfüllten Fliegen sassen oft zu Hunderten an einem Halme von Aira caespitosa oder Holcus mollis, an Gnaphalium silv. etc. — Die keimenden Conidien-Sporen dringen am Unterleibe ein und die Fliegen sterben in 8 Tagen. Sie sind denen von Empusa Muscae so ähnlich, dass ich zweifelhaft bin, ob der Pilz nicht die E. Muscae selbst war, es fehlten nur die Stubenfliegen, um dies durch Infection festzustellen. Auch hier bildeten sich die Dauersporen im Leibe der Fliegen[1]) nach vielen Generationen ungeschlechtlicher Fortpflanzung, wie die von E. radicans und sind in Form und Grösse nicht wesentlich von diesen verschieden.

Eine weitere Empusa-Epidemie auf Mücken habe ich seit mehreren Jahren in den Wasserbecken des Universitätsgartens in Berlin beobachtet, sie ist schon früher von *A. Braun* gesehen und auch kurz beschrieben worden. — Die pilzbefallenen Mücken sitzen am Wasserrande, der vordere Theil ihres Leibes ist vorzugsweise angeschwollen und an ihm das grünliche Sporenlager deutlich sichtbar. Die ungeschlechtlichen Sporen dieser Empusa sind die kleinsten von den bis jetzt bekannten Empusaformen. Dem entsprechend sind auch die vegetativen und fructificirenden Fäden dünn. Nur zur Rhizoidenbildung schwellen die seitlich am Unterleibe in 2 Reihen hervorbrechenden Hyphenenden um wenigstens das 10fache ihres Volumens an. Anfangs dicken Keulen gleich, wachsen sie später zu grossen scheidewandlosen Schläuchen aus, welche wieder seitliche aber nicht lange Aussackungen bilden. Der E. Muscae fehlen diese Rhizoiden ganz;

---

findet eine bedeutende Reduction in der Individuenzahl der Insecten durch die Pilze statt, und einem Jahre mit starker Epidemie folgen meist mehrere Jahre, wo man nichts oder wenig von ihr findet. Keimten nun die Sporen schon nach einem Jahre, so würde sich der Pilz wohl kaum erhalten können, da die Insecten fehlen oder fast fehlen, die er bewohnt. Trifft diese Vermuthung zu, so wird es nicht leicht gelingen, die Sporen zur Keimung zu bringen, da man sie nicht so lange Zeit in der Art aufbewahren kann, wie es in der Natur geschieht; sie leiden durch Trockniss sowohl wie durch Befeuchtung während der Aufbewahrung.

[2]) Empusa Muscae bewohnt auch andere als die Stubenfliegen, z. B. die grossen Brummfliegen, an welchen sie zwischen den Segmenten des Hinterleibes eindringt. — Entomophthora radicans fand ich ausser auf den haarigen Kohlraupen, auf grasgrünen, nackten Raupen, aber niemals auf einer schwarzen Raupe vor, die mit diesen auf Kohlblättern lebt.

der krampfhaft ausgestreckte und angesaugte Rüssel der Fliegen befestigt sie an die Unterlage. — In einem Glase, welches das Regenwasserfass im kleinen nachahmt, gelingen die Infectionen leicht; im Spätherbst lösen Dauersporen, wie früher, die Reihe von Generationen ungeschlechtlicher Fortpflanzung ab. — Diese Empusa Culicis (*Braun*) nähert sich in den verzweigten Mycelien und den Rhizoiden der Entomophthora, die vorläufig, als das morphologisch am höchsten differenzirte Glied der bis jetzt bekannten Entomophthoreen, am besten als besondere Gattung von der Empusa abgegrenzt werden dürfte.

Die Dauersporen von der E. radicans sind sicher schon vor langer Zeit von *Fresenius*[1]) in Kohlraupen gefunden und von ihm als eine besondere Art: E. sphaerosperma beschrieben worden. Ebenso sind von *Hoffmann* in Blattläusen mit der E. Aphidis Dauersporen aufgefunden worden, die man nun wohl ohne einen Irrthum zu begehen mit dieser Empusa vereinigen kann. Endlich hat *Cohn*[2]) Dauersporen ohne Empusa-Fructification auf Erdraupen als eine neue Gattung »Tarichium megaspermum« beschrieben. Diese Dauersporen entsprechen in der Art ihrer Bildung ganz denen einer Empusa, sie bilden den letzten Abschnitt der Empusa-Entwicklung, zu welcher der erste fehlengebliebene Theil durch erneute Untersuchung noch zu ergänzen bleibt[3]). Die von *Cohn* gegründete Gattung »Tarichium«, in welche er bereits die von *Fresenius* und *Hoffmann* beschriebenen Dauersporen als Speciesformen einbegriffen hatte, ist nichts anderes wie der Dauersporenabschnitt der Entomophthoreen. Bei diesen sind bis jetzt von Ent. radicans und E. ovispora, ferner von Emp. Culicis, E. Aphidis und wahrscheinlich von E. Muscae die Dauersporen bekannt[4]).

Die Kenntniss der Entwicklungsgeschichte der Entomopthoreen kann als vollständig gelten — bis auf die Keimung der Dauersporen. Von diesen kann

---

[1]) *Fresenius*, Ueber die Entomophthora etc., Abh. der Senkenberg. naturf. Gesellschaft in Frankfurt a./M. Bd. II, Abth. II. S. 201.

[2]) *Cohn*, Ueber eine neue Pilzkrankheit der Erdraupen (schwarze Muscardine), Beiträge zur Biologie Bd. I, Heft I. 1870; in dieser Abhandlung finden sich Angaben der älteren Litteratur, die ich nicht angeführt habe.

[3]) In mehreren Mumien, die mit »schwarzer Muscardine« angefüllt waren, habe ich trotz eifrigen Suchens unter den Massen von Dauersporen auch nicht eine einzige Doppelspore finden können, die *Cohn* beschreibt; ich möchte hiernach vermuthen, dass sie, wo sie vorkommen, durch Verwachsung zweier benachbarter Sporen entstehen, wie bei der Entomophthora radicans.

[4]) Ich verweise nochmals auf die Abhandlung von *Nowakowski* l. c. der Bot. Zeitung »Ueber die Copulation bei einigen Entomophthoreen«.

es aber fast als sicher angenommen werden, dass sie keimen wie die analogen Dauersporen derjenigen Ustilagineen, welche mit der Keimung die Fruchtträger der ungeschlechtlichen Fructification hervorbringen, also Urocystis, Tilletia, Entyloma etc.[1])

Vergleichen wir den Entwicklungsgang der Entomophthoreen mit dem der Ustilagineen, so sind, wenn wir von Entyloma ausgehen, die Analogien gar nicht zu verkennen. Bei Entyloma finden sich noch Fruchtlager mit ungeschlechtlichen Sporen vor[2]), welche der Dauersporenbildung, wie bei den Entomophthoreen, vorhergehen; bei Urocystis und Tilletia fehlen diese Fruchtlager, die ungeschlechtliche Sporengeneration tritt nur noch mit der Keimung der Dauersporen auf, das Promycelium mit Sporidien ist nichts anderes, wie ein kleiner ungeschlechtlicher Fruchtträger, (ähnlich verhalten sich andere Ustilagineen); bei Arten der Gattung Ustilago z. B. U. Carbo werden auch in dem Keimungsacte der Dauersporen diese Fruchtträger mit Sporen wenigstens nicht immer mehr gebildet; sie sind nahe daran aus dem Entwicklungsgange zu verschwinden, und die Dauersporen, welche klein sind und verstäuben wie Conidien, allein übrig zu lassen[3]).

Die Entomophthoreen bilden eine kleine Familie neben den Ustilagineen, sie können auch in Entyloma[4]) diesen einverleibt werden. Nach der ungeschlechtlichen Fructification bilden dann die Gattungen Entomophthora und Empusa den einen, die Gattung Ustilago den anderen Ausgangspunkt einer solchen Familie. In den Entomophthoreen ist die ungeschlechtliche Fruchtform vorherrschend, sie tritt in Reihengenerationen auf, welche schliesslich eine Dauersporen erzeugende Generation abschliesst; bei Arten von Entyloma unter den Ustilagineen dürfte noch der ähnliche Fall vorliegen, es treten noch Fruchtlager,

---

[1]) *Tulasne*, Mémoire s. l. Ustilaginées etc. Ann. d. scienc. nat. III. Série, Tome VII, *Wolff*, Der Brand des Getreides l. c., *de Bary*, Protomyces microsporus und seine Verwandten. Bot. Zeitung 1874.

[2]) *Schröter*, Bemerkungen und Beobachtungen über einige Ustilagineen, Nachtrag p. 435 bis 440, Bd. II der Beiträge zur Biologie.

[3]) *Wolff*, Der Brand des Getreides l. c. Taf. I.

[4]) Bei Tilletia und Urocystis entsprechen die Kranzkörperchen den Sporen bei Entyloma, sie sind aller Wahrscheinlichkeit nach die wirklichen Sporen. Dem Umstande, dass die Secundärspore eine etwas andere Form hat, habe ich früher eine Bedeutung beigelegt (l. c. Ueber Entomophthoreen und ihre Verwandten, Vortrag bei den naturf. Freunden in Berlin 1877, p. 13—16), die ich nicht mehr aufrecht halte.

ausser bei der Keimung der Dauersporen, frei auf; bei Urocystis und Tilletia etc. fehlen die freien Fruchtlager, die ungeschlechtliche Sporengeneration ist auf den Keimungsact der Dauersporen: Promycelium mit Sporidien [1]) beschränkt; bei Ustilago-Arten endlich ist sie dem Erlöschen nahe. Es stellt sich so eine natürliche Reihe heraus, in welcher die normale Fortdauer und das schrittweise Eingehen der ungeschlechtlichen Sporenfructification das Verbindungsmittel bildet.

Die Dauersporen der Entomophthoreen sind die Analoga der Dauersporen resp. der Zygo- oder mehr noch der Oosporen der übrigen Formen der Phycomyceten, denen sie mitsammt den Ustilagineen anzuschliessen sind. — Ob bei den Ustilagineen und Entomophthoreen in der Anastomosirung der Mycelfäden vor dem Auftreten der Dauersporen ein Sexualact vorliegt, wird sich kaum entscheiden lassen und bleibt vorläufig als ein unsicherer Punkt dem Urtheile des Einzelnen überlassen; sicher aber ist, dass dieselben Dauersporen bei einer und bei den verwandten Formen auch ohne Fadenverschmelzung rein vegetativ entstehen können, (ich verweise auf die Beobachtungen der Sporenbildung von Entomophthora, Urocystis, Ustilago, Geminella, Entyloma etc. [2])

Um die Analogie zwischen den Dauersporen der Entomophthoreen (und auch der Ustilagineen) und den Dauersporen der übrigen Phycomyceten näher zu begründen, will ich hier noch einige weitere Beobachtungen anführen.

---

[1]) Es bleibt zu erwägen, ob es sich nicht empfehlen dürfte, die Ausdrücke Sporidien statt Sporen aufzugeben, sowohl hier bei den Ustilagineen im weiteren Sinne wie auch bei den Aecidiomyceten, da es ja als sicher gelten kann, dass es sich hier nur um Sporen der ungeschlechtlichen Fructification handelt und nicht mehr um besondere »den früheren Hypodermiern *de Bary*'s« eigenthümliche Bildungen.

[2]) l. c. der Arbeiten von *Wolff*, *Winter*, *de Bary* und auch von *Fischer von Waldheim*, Beiträge zur Biologie der Ustilagineen, Jahrbücher Bd. VII; man vergleiche namentlich die Abbildungen über Urocystis von *Wolff* Taf. V, über Urocystis und Geminella von *Winter* Taf. V, und über Entyloma von *de Bary* Taf. II (bot. Zeitg. 1874). — Auch an den Fruchtträgern der Sporidien und bei diesen selbst (l. c. der Arbeiten von *Tulasne*, *de Bary*, *Wolff* und *Schröter*) sind Anastomosen beobachtet worden und als Copulation bezeichnet. — Ich will die Möglichkeit einer solchen Deutung nicht anfechten und überlasse es dem Urtheile des Einzelnen, ob er die bekannten Hyphen und Sporenfusionen bei den Ustilagineen angesichts der allverbreiteten Fusionen bei den verschiedensten Pilzen und auch der Fusionen von Sporen, die sich auskeimend oft zu rosenkranzförmigen Ketten verbinden, noch jetzt als Sexualact ansehen will. — Unter der Voraussetzung, dass hier ein Copulationsact vorliegt, müsste man annehmen, dass die bei der Bildung der Dauersporen erloschene Sexualität auf die ungeschlechtliche Sporengeneration übergegangen sei, eine Erscheinung, die dann von Ferne an die Phanerogamen erinnern würde.

Ich fand unter der Masse von Dauersporen, welche die Raupenmumien anfüllten, nicht selten solche, welche eine geschlossene Membranhülle um sich trugen (Fig. 12 *e*). Als ich daraufhin auf jüngere Stadien zurückging, fand ich die Hülle auch an solchen Sporen, die noch keine dicke Membran abgeschieden hatten (Fig. 12 *c* u. *d*); ein Zweifel darüber, dass die Hülle natürlich zu der Spore in ihrem Innern gehöre, dass die Spore sich in ihr gebildet und sie die Membran der Sporenmutterzelle sei, konnte nicht wohl bestehen. — Bei jeder unbefangenen Beurtheilung drängt sich der Gedanke von selbst auf, dass hier den Oogonien der Peronosporeen analoge Bildungen vorliegen, in welchen die Oosporen frei entstanden sind. Hiernach würden sich die hüllenlosen Sporen ohne Zwang als Oogonien ergeben, in welchen die Sporenbildung erloschen, das Oogonium selbst zur Spore geworden ist. Nehmen wir dann hinzu, dass die Antheridien, resp. die Pollinodien (der Peronospora) erloschen sind (meinetwegen mag man auch den Fusionsfaden bei Entomophthora für das Pollinodium nehmen), so würde die Analogie der Dauersporen der Entomophthora mit denen der Peronospora perfect sein.

Die Beobachtungen der Dauersporenbildung z. B. bei Ustilago, wo nach den Zeichnungen von *Wolff* (l. c. Tafel V) und von *Winter* (l. c. Tafel VI) die Sporen sich innerhalb einer vergallertenden Hülle bilden, würden einer gleichen Deutung als Oogonien mit einer Spore nicht entgegen stehen, sondern als eine natürliche Verbindung zu den Sporenbildungen angesehen werden können, wo das Oogonium selbst in seiner Gesammtheit zur Spore wird, wo also das Sporangium erloschen und zur Conidie reducirt ist. — Diese Bildungen sind dann, wenn die Sexualität erloschen ist, nicht mehr von solchen Conidien (oder gemmenartigen Bildungen) zu unterscheiden, welche nicht aus geschlechtlichen (also hier weiblichen) Sporangien, sondern aus ungeschlechtlichen durch Rückbildung entstanden sind. Ihr morphologischer Werth kann in solchen Fällen nur aus weiteren Vergleichspunkten mit verwandten Formen hergeleitet werden, bei welchen die Rückbildungen weniger ausgebildet und daher die Fruchtform ihrem Werthe nach noch bestimmbar ist. Ein solcher Vergleich ergibt nun hier, wenn wir zunächst die Formen der Ustilagineen und dann die der Entomophthoreen in Betracht ziehen und von da zu den Peronosporeen übergehen, als Resultat, dass in den Dauersporen der Ustilagineen und Entomophthoreen zu Conidien (resp. Gemmen) reducirte weibliche Früchte vor-

liegen. — In Urocystis haben wir Oogonien, oder vielmehr zu Oosporen gewordene Oogonien mit einem Carpospor. Vorläufig würde dies bei den Oomyceten der einzige scharf ausgeprägte Fall einer höher differenzirten Fruchtbildung sein, wie er uns unter den Zygomyceten z. B. in der Mortierella Rostafinskii bekannt ist; bei Sorisporium und Thecaphora etc. ist die Bildung der Sporen noch unklar. — Bei den Entomophthoreen liegen unverkennbare Anfänge einer Differenzirung zur Frucht in den Entomophthora-Arten mit Rhizoiden und Paraphysen vor. Sie sind um so bemerkenswerther, als es hier wieder die ungeschlechtliche Fruchtform allein ist, welche als die höchst entwickelte der Fruchtformen die Anzeichen dieser Differenzirung trägt, während bei Urocystis unter den Ustilagineen der umgekehrte Fall eingetreten ist, indem es hier die in der Entwicklung bevorzugten weiblichen Früchte sind, an welchen wir die Entwicklung zur Frucht, die Gliederung in einen fertilen und in sterile Fadensprosse wahrnehmen.

Von den 3 Fruchtformen, die bei Peronosporeen noch ungetrübt, d. h. unverändert sich erkennen lassen: der ungeschlechtlichen einer- und den beiden geschlechtlichen anderseits, würden bei Entomophthora nur die weiblichen und ungeschlechtlichen, bei einzelnen Ustilago-Arten sogar fast nur die weiblichen fortbestehen, die männlichen und ungeschlechtlichen untergegangen sein.

Die Ustilagineen und die Entomophthoreen erhalten hiernach ihre natürliche Stellung im Systeme bei den Oomyceten unter den Phycomyceten. Ich habe sie noch im 3. Hefte der Schimmelpilze zu den höheren Fadenpilzen, den Mycomyceten, gestellt mit besonderer Rücksicht auf die häufig septirten Mycelien und die hoch differenzirten Conidienlager bei Entomophthora, habe aber schon damals die Analogien betont und auf den Anschluss an die Peronosporeen hingewiesen, wie ich sie jetzt weiter begründet und durchgeführt habe.

Noch mögen an dieser Stelle längere Versuchsreihen eine kurze Erwähnung finden, die ich vor 4 Jahren mit Saprolegnieen angestellt habe. — Mit einer Saprolegnia-Form, welche in ihrem Charakter der S. ferax entsprach, begann ich die Culturen im August. Schon nach wenigen Generationen ungeschlechtlicher Fortpflanzung traten Oogonien auf mit antheridialen Seitenästen. Eine Entleerung der Antheridien habe ich nicht beobachten können, noch auch nur die Andeutung eines Copulationsschlauches bei der Bildung der Löcher in den Oogonien. Nach einigen Generationen mit Oogonien und Antheridien (die

durch die gleichzeitig auftretenden ungeschlechtlichen Sporangiensporen fortgeführt wurden), fand ich nur noch antheridiale Fäden ohne Antheridienabgrenzung, dann traten auch sie nicht mehr auf, und es bildeten sich nur noch Oogonien mit Sporen aus neben den Zoosporangien mit Schwärmsporen. Dies dauerte in 29 Generationen bis Ende Januar fort. Die fortlaufenden Generationen waren stets von reichlicher Zoosporenbildung begleitet, die Oogonien wurden langsam kleiner und hatten am Ende meist nur eine sehr grosse Oospore, aber stets viele Löcher ausgebildet. Es hatte den Anschein, als ob auch sie zurückgingen und nur die ungeschlechtlichen Sporangien übrig bleiben sollten. Dies zu entscheiden, wollte ich die Culturen bis zum folgenden Frühjahre fortsetzen, leider aber starben Anfang Februar alle Mücken, die ich für die Cultur eingefangen hatte.

Die Oosporen von den ersten wie von den letzten Culturen waren vollkommen gleich. Ich bewahrte sie in ausgekochtem Wasser[1]) in einem kühlen Raume auf und fand, dass sie alle in der gleichen Art, von Mitte März bis in den September hinein, auskeimten. Die ersten Keimungen habe ich in den ersten Culturen beobachtet, wo sich noch antheridiale Aeste zeigten. Von den anderen habe ich auch aus den früheren Culturen Keimungen erst im Herbste erfolgen sehen. — Die Oosporen keimen mit der Bildung von Zoosporen, welche aus dem bald kürzeren oder längeren Keimschlauche austreten. Werden sie ernährt, so wachsen sie ohne Zoosporenbildung zu grossen, reich verzweigten Mycelien direct aus. Die Zahl der Keimschläuche, die aus einer vegetativ auskeimenden Oospore kommen, ist verschieden, bald wenige, bald eine solche Anzahl, dass sie nach allen Seiten sternförmig ausstrahlen. An den Fadenenden der Mycelien zeigen sich nach einigen Tagen die Zoosporangien. Diese künstlich ernährten Mycelien sind ungleich üppiger und übersichtlicher, als dies bei Culturen auf Insecten der Fall ist. Treten Störungen durch Bacterien auf, so zerfallen ganze Fädenstücke, in welchen sich der Inhalt sammelt, in Gemmen, ähnlich wie beim Mucor racemosus; die Gemmen können direct Zoosporen bilden oder wieder zu Mycelien auskeimen[2]).

---

[1]) Wenn man nur nicht unterlässt das Wasser auszukochen, worin man die Mücken zur Cultur der Saprolegnien wirft, so kann man die Reihenculturen ad infinitum ohne Störung fortsetzen; in ungekochtem Wasser werden die Culturen bald unrein und gehen dann durch Bacterienbildung unter.

[2]) Man vergleiche die Nachträge zur Morphologie der Saprolegnien von *Pringsheim* in dessen Jahrbüchern, IX. Bd.

Soweit man nach den Beobachtungen schliessen kann, ist die Sexualität bis auf die anfänglichen Rudimente der Antheridial-Aeste verschwunden, die Oosporen bilden sich ungeschlechtlich aus und sind sämmtlich keimfähig.

Bei den Ustilagineen (und Entomophthoreen) lässt sich auch das Rudiment einstiger Antheridien nicht sicher nachweisen und die Oogonien haben ihren bestimmten Charakter verloren, da sie meist keine Oosporen mehr bilden, sondern selbst zur Spore werden.

Peziza tuberosa und P. Sclerotiorum.

Nach der Beendigung meiner Untersuchungen über Penicillium [1]) im Jahre 1873 habe ich die Arbeiten über Ascomyceten fast 2 Jahre liegen lassen und erst im Frühjahr 1875 wieder aufgenommen.

Das erste Object, mit welchem ich mich dann beschäftigte, war Peziza tuberosa Bull. [2]), welche auf dem Anemonenbeete des bot. Gartens bei Berlin reichlich und, wie mir *A. Braun* damals sagte, seit längerer Zeit alljährlich zum Vorschein kam. Die Sclerotien, welche sich an den Rhizomen der Anemonen im Vorjahre gebildet hatten, waren in schönen Bechern, die über die Erde kamen, zur Keimung gelangt. Ich fing aus ihnen die ejaculirten Sporen auf und cultivirte sie in Nährlösung. Sie bildeten grosse, reich verzweigte und septirte Mycelien, wie andere Ascomyceten. Ich übertrug sie auf pilzfrei gemachtes Brod, welches mit Nährlösung durchtränkt war, wo sie 8 Tage lang in grösster Ueppigkeit weiterwuchsen. Auf ihnen zeigten sich zunächst an Stellen, welche die Wand des Culturgefässes berührten, kleine fast schwarze Wärzchen in der Grösse eines Nadelknopfes (Fig. 15 Taf. IX). Sie gingen von einzelnen Fäden aus und waren aus diesen durch reiche Verzweigungen entstanden, die einseitig gewendet und kurz geblieben waren. Sie glichen in ihrer Form einem Pinsel und hafteten so fest an der Unterlage, wie es andere Haftorgane zu thun pflegen.

---

1) Schimmelpilze, II. Heft.

2) Ueber diese Untersuchung und die folgende habe ich in der Bot. Zeitung 1876. No. 4 in meiner Abhandlung über die Basidiomyceten eine kurze Notiz gegeben, und diese dann auf der Naturforscherversammlung in Hamburg, September 1876 (*Brefeld*, Mycologische Untersuchungen) etwas weiter ausgeführt.

Bald nach ihnen trat eine Fructification auf, welche den Conidienbildungen anderer Ascomyceten in Form und Bildung entsprach. Ihr Erscheinen, anfangs deutlich an einzelnen Fäden, wurde bald so massenhaft, dass sie sich zu Knäueln vereinigten, welche die Grösse einer Nuss erreichten, und sowohl an der Oberfläche wie im Innern in unregelmässigen Gängen Conidien in grosser Menge abschnürten, die dann durch Schleim verklebt in Tröpfchen an der Oberfläche sich sammelten. Die Bildung der Conidien geschah, wie an den einzelnen noch freien Fäden deutlich zu erkennen war, durch Abschnürung auf flaschenförmigen Sterigmen (Fig. 17), welche erst vereinzelt, dann in unregelmässiger Folge immer dichter aus den Fäden sprossten, bis sie oft palissadenartig nebeneinander standen. Wiewohl ich auf den einzelnen Sterigmen nie mehr als eine Conidie fand, liess doch ihre Massenerzeugung mit Sicherheit schliessen, dass sie reihenweise abgeschnürt wurden, dass aber die Ketten schnell zerfielen (Fig. 16 2). Durch eine Variation in der Cultur, welche die continuirliche Beobachtung eines Fadens ermöglichte, war die succedane Sporenabschnürung leicht zu verfolgen (Fig. 18), sie dürfte nicht minder ergiebig sein, wie die von Penicillium oder Aspergillus. Die Conidien, klein, rundlich mit einem Fetttröpfchen im Innern, 0,003—4 Mm. gross (Fig. 17 *c*), keimten niemals, nicht sogleich, nicht nach kürzerer oder längerer Ruhe, mochte die Nährlösung verdünnt oder concentrirt sein. Wohl aber wuchsen zufällig mit abgetrennte Sterigmen oder die Fadenzellen, worauf sie sassen, zu neuen Mycelien aus, wie ich es ähnlich bei den Stäbchen der Basidiomyceten früher beschrieben habe (Fig. 19)[1].

Nachdem die Mycelien mehrere Wochen Conidien[2]) producirt hatten, begann die Bildung grosser Sclerotien, aus welchen die Becher keimen. Sie wurden theils in ihren ersten Bildungsstadien untersucht, theils reifen und später auskeimen gelassen und hierbei, soweit das Material reichte, nichts beobachtet, was für eine andere als eine rein vegetative Entwicklung der Sclerotien wie der Becher sprach.

Noch in demselben Sommer erhielt ich aus Proskau einige kranke Topinamburpflanzen zur näheren Untersuchung der Krankheitsursache eingesandt.

---

1) Schimmelpilze, III. Heft, p. 102—104.

2) Diese Conidien sind schon von *Tulasne* (Fungorum Carpologia) gefunden und abgebildet; er hat sie bei der Keimung von Ascosporen an den Keimschläuchen gefunden, wo ich sie niemals gesehen habe, auch wenn ich die Sporen in möglichst verdünnter Nährlösung keimen liess.

Ich fand an den schon theilweise abgestorbenen Wurzeln und an den basalen Stengeltheilen einige kleine Sclerotien, legte dann die Pflanzen, welche oben am Stengel noch grün waren, in eine Trommel. Hier konnte ich verfolgen, wie die Erkrankung von den Wurzeln her in dem lebenden gesunden Stengeltheil allmählich höher hinaufging, wie damit Schritt haltend neue Sclerotien im Innern und auch an äusserlich hervortretenden weissen Mycelmassen gebildet wurden, und wie sichtbar alle Gewebspartien des Stengels, die von den fortschreitenden Mycelien ergriffen wurden, welkten und abstarben. Auf Querschnitten zeigte sich das Mycelium in allen zarteren Gewebselementen, namentlich an der Markscheide und in der Rinde (Fig. 13). Die Zellwände waren von den Hyphen durchbrochen, die befallenen Gewebe verfallen und welk. Am Mark und auch in der Rinde waren Sclerotien-Anlagen als dichte Hyphengeflechte leicht zu unterscheiden (Fig. 13 *b*). Die nicht zerschnittenen Anlagen reiften mit dem Abwelken des Stengels und blieben in diesem zurück, häufig als schwarze Knötchen reihenweise die Markhöhle erfüllend.

Da ich weder Sporen von dem Pilze hatte, noch auch Topinamburpflanzen zur Infection auftreiben konnte, drohte die Beobachtung mit den gefundenen Sclerotien und den angeführten Details ihr Ende zu erreichen. Bevor dies noch geschehen, versuchte ich, ein kleines Mycelflöckchen von der Oberfläche des letzten Stengels reinlich abzuheben, auf pilzfreiem Brod zu cultiviren, wie vorher die Sporen der P. tuberosa. Die Fäden wuchsen sogleich auf das üppigste aus, hatten schon nach 3 Tagen das ganze Substrat durchwachsen und breiteten sich dann besonders reichlich an seiner Oberfläche aus. Diese war bald von einem dichten, weissen Filz bedeckt, der sich namentlich auf einzelne Stellen, als Knotenpunkte von unregelmässiger Gestalt, concentrirte. Bald wurden an diesen Stellen kleine Wassertröpfchen sichtbar, die schnell zu dicken Tropfen anschwollen, während die Farbe der immer mehr als Knollen anschwellenden Knotenpunkte dunkler und endlich schwarz wurde. Nach weiteren 3 Tagen waren die reifen schwarzen Sclerotien in Massen abzuheben, sie lösten sich nach der Ausbildung ihrer cuticularisirten schwarzen Randschichten leicht von dem umgebenden welken Hyphenfilz ab. Die Cultur wurde mit abgehobenen Hyphen fortgesetzt und weiterhin mehrere Pfunde Sclerotien dargestellt. Sie hatten in der Mehrzahl die Grösse von kleinen Bohnen (die keimenden Sclerotien auf Taf. VIII), nahmen aber durch seitliche Verwachsungen unter einander alle möglichen Formen an. Bei recht üppigen Culturen waren

die oberflächlich gebildeten Sclerotien zu einer einzigen kuchenartigen oft durchlöcherten Masse verschmolzen, von der ich ein kleines Stück abgebildet habe (Fig. 12 Taf. IX). Auf allen diesen noch so üppigen Culturen liess sich nicht eine Spur von den Conidien auffinden, die bei der P. tuberosa so massenhaft vorkommen, und was dort durch vorsichtige Beobachtung ermittelt war, das konnte hier ohne Weiteres festgestellt werden, dass nämlich die Conidien und die Bildung der Sclerotien in keinem ursächlichen Zusammenhange stehen. — Erst späterhin zeigte sich, dass auch bei diesem Pilze dieselben Conidienbildungen vorkommen, aber immer nur dann, wenn man die Culturen, nachdem die Sclerotien gebildet sind, lange stehen lässt, in welchem Falle einzelne, für die Anlagen der Sclerotien nicht erschöpfte Fäden kümmerlich fortwachsen und schliesslich zu Conidienträgern werden. Sie sind in der Form etwas kleiner, wie die von P. tuberosa, verknäueln sich niemals zu Fruchtkörpern, vergehen aber mitsammt den Sporen schon bald nach ihrer Bildung durch Auflösen, was ich bei P. tuberosa niemals gesehen, wo im Gegentheile Sporen und Träger persistent sind.

Es kam nun darauf an, die Bildung der Sclerotien genauer zu verfolgen. Zu diesem Zwecke wurden in verdünnten, klaren Nährlösungen neue Mycelien erzogen. Diese breiteten sich in dem Culturtropfen weithin aus und bildeten in der Regel an mehreren Stellen, weit von einander entfernt, kleine Sclerotien von der Grösse eines Mohnsamenkornes, welche normal gebaut waren und später auskeimten, wie die grösseren. Die Mycelfäden mit ihren Verzweigungen waren lose genug verflochten, um die ersten Anfänge der Sclerotien mit übersichtlicher Deutlichkeit verfolgen zu lassen. — An den Stellen, wo sie angelegt worden, gewahrt man zuerst eine reichere Hyphenbildung. Sie entsteht durch Verzweigung und zwar nicht eines Fadens, sondern vieler Fäden und erstreckt sich auf einen ganzen Mycelcomplex, dessen Hyphen gleichzeitig reiche Aussprossungen bilden, welche in die Luft führen (Fig. 11 *a*). Diese Hyphensprossen weichen von anderen Mycelfäden nur darin ab, dass sie schlanker und dünner sind, dass sie ein rankenartiges Ansehen haben, und wenigstens zunächst arm an secundären Verzweigungen bleiben (Fig. 14 *b*). Sie wachsen wirr durcheinander zu einem Hyphenknäuel, der dadurch dichter wird, dass mit der Verschlingung der Ranken eine allgemeine Seitenauszweigung an ihnen beginnt. Sie führt endlich zu der Ausfüllung fast aller Luftlücken in dem Knäuel und zu

einer seitlichen Verbindung der Hyphen. In diesem Stadium beginnt die Abscheidung von Wasser, welches sich in dicken Tropfen an der Oberfläche ansammelt. Fortschreitend mit dieser Wasseraussonderung wird der Inhalt der Fäden dichter, dann werden namentlich ihre Membranen stark verdickt und endlich die schwarze Rinde der reifenden Sclerotien angelegt. — So sicher wie es ist, dass die Sclerotien von Basidiomyceten, von Agaricus, Coprinus, Typhula, ferner die sclerotialen Zustände der Fruchtkörper von Penicillium, Erysiphe[1]) von einzelnen Fäden gebildet werden, so sicher ist es hier, dass nicht ein Faden, sondern ein Fadencomplex mit seinen Verzweigungen die Sclerotien, mögen sie noch so klein sein, aufbaut. Wo grosse Sclerotien gebildet werden an üppig entwickelten Mycelien, hat die Fläche derselben, an welcher gleichzeitig die Rankensprossung zur Anlage eines Sclerotiums sich zeigt, eine beträchtliche Ausdehnung, und bei kuchenartigen Bildungen berühren sich die betreffenden Stellen, sie fliessen in einander (Fig. 12). Fadenanastomosen, welche an den Mycelfäden (Fig. 14 *a*) eine allgemeine Erscheinung sind, treten nicht minder häufig, oft in ganzen Fadenlängen in Form netz- oder leiterförmiger Verbindungen an den Ranken junger Sclerotien auf (Fig. 14 *b*).

Auf Querschnitten haben die Sclerotien ein marmorirtes Ansehen aus matten und helleren Stellen, je nachdem zwischen den Fäden keine oder kleine Luftinterstitien geblieben sind (Fig. 9 2 Taf. VIII). Der Fadenverlauf ist deutlich zu unterscheiden und Messungen der Fäden zeigen, dass keine oder nur eine unbedeutende Ausdehnung resp. Streckung der Elemente der Fäden ihre feste Verbindung zum Sclerotium veranlasst hat (Fig. 10 1), wie dies bei anderen Sclerotien der Fall ist[2]). Nur die die Rinde bildenden Fadentheile haben wesentliche Veränderungen erlitten. Diese hat nämlich ein vollständig parenchymatisches Aussehen, ist aus Zellen aufgebaut, deren Durchmesser etwas grösser ist, wie der der Fäden im Innern. Ihre Dicke beträgt 6—8 Zelllagen, die mittlere Zone erscheint am dunkelsten (Fig. 10 2), nach Innen gehen die Zellen, heller werdend, in das weisse, fadige Mark über, aussen sind sie am grössten. Die Membranen sind stark cuticularisirt, die Zellen aber nicht leer an Inhalt.

Eine beträchtliche Partie von Sclerotien wurde nach eingetretener Reife

---

[1]) Schimmelpilze, II. u. III. Heft. — Bei Erysiphe tritt der Dauerzustand erst dann ein, wenn die Ascen oder selbst schon die Sporen in diesen angelegt sind.

[2]) Schimmelpilze, II. Heft, Penicillium, Taf. III u. IV.

auf feuchten Sand ausgelegt. Ein Theil von diesen keimte sofort aus, ein anderer erst nach Monaten, und bei wieder anderen war die Keimung erst im nächsten Frühjahr reichlich. Sclerotien, die mehrere Jahre hindurch trocken gelegen hatten, keimten bald nach der Befeuchtung; wahrscheinlich bewahren sie Jahre lang die Keimkraft. — Mit der Keimung treiben dicke Keulen aus, die unten schwarz, oben graugelb aussehen[1]) (Fig. 1—10). Die Rinde wird von ihnen nicht durchbrochen, sondern die schwarze Farbe derselben geht direct über in den basalen schwarzen Theil der Keule (Fig. 9 4). Die Keulen wachsen durch Spitzenwachsthum; ihre wachsende Spitze ist an einer leichten Verjüngung und etwas hellerer Farbe leicht zu erkennen. Sie bestehen aus einem Bündel von Hyphen, die seitlich zusammenschliessen und abgesehen von den Endigungen an den Seitenflächen, oben fast in einer Höhe endigen, nur etwas nach der Mitte convergiren. Während die Spitze sich verlängert durch Wachsthum, nehmen die älteren rückwärts gelegenen Theile etwas an Umfang zu. Auf Querschnitten sehen die Hyphenbündel wie ein Gewebe aus, dessen Elemente in der Mitte auseinandergewichen und englumiger sind; in weiterer Entfernung von der kleinen Markhöhle, deren Umgebung etwas dunkler gefärbt ist, vergrössern sie sich und sind fast ohne Luftinterstitien verbunden; aussen werden sie wieder etwas kleiner und dunkler (Fig. 8 *a* u. *b*). Die Höhlung geht bis in die Spitze, wo sie sich zwischen den etwas convergirenden Hyphenenden bis zum Verschwinden verengt (Fig. 8 u. 9).

Die Fruchtbecher werden an den Spitzen der Keulen gebildet, wenn diese eine ziemliche, aber in den einzelnen Fällen verschiedene Länge erreicht haben (Fig. 1 u. 2). Das Spitzenwachsthum lässt in der Mitte nach, an den Enden der Fäden treten reiche Verzweigungen auf, welche die kleine Höhlung, wenn sie noch sichtbar ist, verschliessen. Es findet hierdurch in Folge der eingeschobenen Verzweigungen in der Mitte eine Verbreiterung statt, welche von den peripherisch noch fortwachsenden, aber auch durch Verzweigung sich ver-

---

[1]) Ich habe die Sclerotien auch verschiedentlich vegetativ auskeimen sehen. Bald bildeten sich neue Mycelien aus den oberflächlichen und inneren Elementen, namentlich dann, wenn eine Ernährung der aussprossenden Hyphen eingeleitet wurde, bald wuchs ein Sclerotium an einer oder mehreren Seiten in dichten, weissen Hyphenbüscheln aus, die sich bald wieder schwärzten und in den sclerotialen Zustand übergingen, so dass junge sclerotiale Auswüchse aus einem alten Sclerotium entstanden waren.

mehrenden Hyphenenden umschlossen wird in Form einer Einsenkung (Fig. 1—5). Der in der Mitte begonnene Vorgang stillstehenden Längenwachsthums bei gleichzeitiger reicher Verzweigung schreitet von hier aus nach dem Rande zu fort, so dass die Einsenkung grösser wird in dem Maasse, als die seitliche Umwallung weiter greift, die sich selbst endlich verflacht und sogar rückwärts umlegt, sobald auch hier alle Theile mit der reichsten Verzweigung das Längenwachsthum einstellen. Durch diese Vorgänge nimmt die Keule an ihrer Spitze erst die Form eines Bechers, dann eines Tellers mit umgebogenem Rande an (Fig. 1—5).

Schon in den ersten Stadien der Verbreiterung zur Becherform treten zwischen den anfänglichen, feinen Fadenverzweigungen die dickeren ascenbildenden Hyphen auf, welche ihre Endigungen, die Ascenschläuche, zwischen diese, die Paraphysenenden, drängen und wesentlich zur Verbreiterung des Bechers beitragen. In der Mitte treten die Ascen zuerst auf, dann werden sie in weiterer Umgebung sichtbar, sobald das Paraphysenlager hier ausgebildet ist, und sind schliesslich, wenn das Marginalwachsthum des Bechers aufhört, auch in dem äussersten Rande zu finden. Die Bildung neuer Ascen dauert nach der Sporenejaculation der zuerst angelegten längere Zeit fort. An grossen Bechern habe ich mehrere Wochen hindurch die tägliche Ejaculation der Sporen in Form kleiner Wölkchen verfolgt, ohne dass ich eine Grössenzunahme der Becher wahrnehmen konnte. Wie es schien nahmen die Paraphysen an Masse allmählich ab, ich möchte es für ebenso wahrscheinlich halten, dass sie zur Ernährung der Ascen dienen wie zu ihrem Schutze. Wird ja doch das Füllgewebe der Perithecien bei anderen Ascomyceten ebenfalls für die Ernährung der Ascen verwendet, und sind die Paraphysen nichts anderes als hyphenartiges Füllgewebe, Endigungen oder Aussprossungen desselben in Form von Hyphen, die dort sich finden, wo Raum für ihre Bildung bleibt.

Die ejaculirten ovalen hellen Sporen, 0,008 Mm. breit und 0,012 Mm. lang, vorher zu 8 in einem Ascus gebildet, keimen sogleich und bilden gewöhnliche Mycelien mit Sclerotien. — Die parasitisch auf der Topinamburpflanze lebende Peziza, welche in künstlicher Ernährung weitaus üppiger gedeiht als auf den Nährpflanzen (die auch andere als Topinambur sein können) ist Peziza Sclerotiorum Lib. [1])

[1]) Die hier beschriebene Peziza Sclerotiorum hat schon früher *de Bary* untersucht. Er macht in seiner Morphologie der Pilze 1866 Mittheilung über Bildung und Structur der Sclerotien,

Bei träger Keimung der Sclerotien treten die Keulen einzeln auf, aber viele nach einander; in anderen Fällen treiben die Sclerotien allseitig aus, so dass sie von der Masse der jungen Keulen dicht stachelig erscheinen; diese kommen alle zur Becherbildung (Fig. 1 u. 2).

An den Keulen, welche im Herbst ausgesprosst waren, unterblieb die Bildung der Becher längere Zeit hindurch. Sie wuchsen lang aus, bildeten dann reiche Verzweigungen bis sogar 5. Grades (Fig. 5—7), hier im Verlaufe der Keule, dort an den Spitzen, wo ich bis 10 secundäre Keulen aus einer Spitze gar nicht selten sich bilden sah (Fig. 7). Die Keulensysteme vegetirten bis zum Frühjahr fort, dann formirten sich an allen Spitzen die Becher (Fig. 5 3).

Werden die austreibenden Keulen mit Erde, aber nicht zu hoch, bedeckt, so entwickeln sie sich zu langen reich verzweigten Strangsystemen, welche an der ganzen Oberfläche eine schwarze Rinde ausbilden und äusserlich von Rhizomorphensträngen nicht zu unterscheiden sind (Fig. 3 u. 6). Die Fortentwicklung dieser Stränge unter der Erde ist keine continuirliche. Die hellen Vegetationspunkte verschwinden zu Zeiten, namentlich im Winter, und der Sectionsbefund solcher ganz schwarzer Strangsysteme ergibt, dass die Hyphenelemente durch Verdickung ihrer Wandungen in den Ruhe- resp. Dauerzustand übergegangen sind, als ob sie Sclerotien wären. An den Rhizomorphen des Agaricus melleus habe ich früher ähnliche Beobachtungen gemacht und constatirt, dass an älteren Strängen, die nicht jedes Jahr fructificiren, periodische Ruhezustände mit Membranverdickung ein verbreitetes Vorkommniss sind. — Werden solche Stränge, welche den Winter hindurch geruht haben, im Frühjahr weiter cultivirt, so entstehen an beliebigen Stellen neue Vegetationspunkte von Keulen, welche den Strang oft seiner Länge nach bedecken und in ihrer Bildung eine vollkommene Uebereinstimmung mit den jungen Keulen zeigen, die aus den Sclerotien sprossen, und gleich diesen nach entsprechender Zeit normale Becher mit Sporen an ihren Spitzen bilden (Fig. 3 u. 5).

Die Austreibung neuer Keulen aus älteren Strängen, welche einen sclerotialen Zustand durchgemacht haben, war aber keineswegs die einzige Art der Auskeimung; gar nicht selten sprossten auch die Zellen der Stränge, innere wie

über ihre Keimung und die Bildung von Bechern; man vergl. die von ihm angegebenen Einzelheiten auf p. 35, 38, 60, 61 u. 201.

äussere, direct zu Mycelien aus (Fig. 6 *a* u. *c* 3), und an diesen Mycelien bildeten sich wieder neue keimfähige Sclerotien (Fig. 6 *d* 2).

Um mich über den ersten Act der Auskeimung der Keulen aus Sclerotien oder Strängen und über die Bildung der Becher an ihren Spitzen genauer zu informiren, habe ich eine beträchtliche Anzahl der geeignetsten Objecte aufs genaueste untersucht. Ich fand übereinstimmend, dass bei der Auskeimung der Keulen sowohl Elemente der Rinde wie solche des Markes betheiligt sind. Sie treiben alle in derselben Art aus und bilden vereinigt sehr bald den Vegetationspunkt der Keule. Eine Verschiedenheit der Hyphen der Keule existirt so wenig, wie früher ein Unterschied in Form und Bildung der Hyphensprosse constatirt werden konnte, aus welchen die Sclerotien entstehen (Fig. 9). In der Mitte des Hyphenbündels sah ich vereinzelt, etwa in dem Niveau der Sclerotienrinde, einige dunkle Zellenelemente eingeschlossen; sie waren aber nichts anderes, wie die Wände der aussprossenden Rindenzellen, die nicht nach aussen geschoben sind und so von dem Hyphenbündel in der Mitte eingeschlossen wurden. Der vollkommenen Gleichartigkeit der Hyphenelemente der Keulen, die auch durch keine Beobachtung an etwas älteren Stadien im mindesten verändert wurde, entsprechen die Befunde der Keulenverzweigungen, an welchen wieder Rinden- und Markhyphen einen ganz gleichen Antheil nehmen (Fig. 3—7 u. 8 *b*).

Bei der Bildung der Becher erfolgt zuerst mit stillstehendem Längenwachsthum der Hyphen der Keule ihre Verzweigung zur Anlage des Paraphysenlagers, dann entspringen von denselben Fäden, welche die Paraphysen bildeten, in der Basis des Bechers die ascenbildenden Schläuche, welche durch ihre dicken inhaltreichen Enden sich bemerkbar machen. Unten am Paraphysenlager verzweigen sie sich und die Zweigenden zeigen nun eine basipetale Entwicklung. Die Enden schwellen zu Ascen an und wachsen zwischen die Paraphysen, dann wachsen die untern Gliederzellen des Fadens seitlich aus zu Ascen, die sich zwischen die Paraphysen drängen. In diesen Stadien ist es unmöglich, die zu Ascen verzweigten Fäden mit den früher entstandenen, zu Paraphysen verzweigten Hyphen auf gemeinsamen Ursprung zurückzuführen, sie brechen an den verzweigten Stellen ab, und stellen so für sich besehen verschiedene Systeme dar, welche aber mit dem ersten Erscheinen der ascogonen Hyphen auf gemeinsamen Ursprung, auf die gleichartigen Fäden in der Basis des Bechers zurück-

gehen. — Die Entwicklung im Becher nimmt einen centrifugalen Verlauf. Sobald die Paraphysenlager angelegt sind, treten die tiefer entspringenden ascogonen Fäden auf, welche mit der Bildung der Ascen und weiterer Entwicklung in basipetaler Folge abschliessen. Bei genauer Beobachtung ergibt sich, dass die erste Verzweigung der Hyphenenden für die Ausbildung des Paraphysenlagers demselben Principe folgt, wie die spätere für die Anlage der Ascen. Wir würden hiernach sagen können, dass die ersten Verzweigungen steril bleiben, und erst die weiteren fertil werden, wenn die sterilen das Lager vorbereitet haben[1]). Uebrigens gibt es auch von dieser Regel Ausnahmen, die dahin gehen, dass auch die Paraphysenverzweigungen zu Fruchtträgern mit Conidien werden. Ich habe die Conidienbildungen in Bechern als Vorläufer der Ascenlager bei der beträchtlichen Anzahl von Fruchtkörpern, die ich zerschnitten, nicht selten gefunden, namentlich früher, als noch irgend ein Ascus Sporen trug; später gehen sie ihrer Vergänglichkeit wegen verloren. Die Funde bei Peziza Sclerotiorum erinnerten mich lebhaft an Beobachtungen von *Tulasne* und an seine Abbildung von Peziza benesuada[2]).

---

[1]) Sowohl die Paraphysen wie die Ascen bildenden Hyphen lassen sich in jedem Stadium der Entwicklung zur vegetativen Aussprossung in Nährlösungen zurückführen. Das in Fig. 11 Taf. IX abgebildete Mycelium mit Sclerotienanlagen ist beispielsweise aus dem Längsschnitte eines Bechers gewonnen, in welchem die Differenzirung in Paraphysen und ascogone Hyphen schon eingetreten war.

[2]) *Tulasne*, Peziza benesuada Tul. und Cenangium Frangulae Tul., Ann. des scienc. nat. 3. série, Tome 20, Tab. 15, Fig. 9. Es finden sich auch ältere Angaben von *Berkeley*, der bei Sphaeria oblitescens B. und bei Tympanis septirte Sporen von den Paraphysen gebildet fand.

Pycnis sclerotivora.

Die Auskeimung der Sclerotien zu den Becher tragenden Keulen hatte in dem ersten Abschnitte der Versuche einen durchaus regelmässigen Verlauf genommen, als nach etwa 8 Monaten eine andere Art der Keimung allgemein wurde. — Es zeigten sich an der Oberfläche der Sclerotien kleine warzenartige Vorsprünge von schwarzer Farbe, welche sie rauher als sonst erscheinen liessen (Fig. 1, Taf. X). Wurden sie abgewaschen, so erschienen sie bald wieder, so lange, bis die Sclerotien, welche in solchen Fällen niemals Becher zur vollen Reife ausbildeten, erschöpft waren. Auf feinen Schnitten erwiesen sich die schwarzen Warzen als Fruchtbehälter mit schwarzem Gehäuse und einer apicalen Oeffnung für den Austritt der Sporen (Fig. 12). Die neuen Fruchtkörper hatten alle Charaktere einer Pycnide und präliminare Beobachtungen, nach welchen diese Pycniden aus den Sclerotien zu wachsen schienen wie sonst die Becher, dabei in fortschreitender Bildung ihre Substanz verzehrend (Fig. 2), liessen mit Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die gefundenen Pycniden dem Entwicklungsgange der Peziza angehörten. Die Sache passte um so schöner, als damit zu der Peziza die dritte und zwar wahrscheinlich die ungeschlechtliche Fruchtform hinzukam, während dann die beiden anderen als geschlechtliche, männliche und weibliche Früchte mit der Clausel zu deuten sein würden, dass bei den weiblichen die Geschlechtlichkeit verschwunden und damit zugleich die männlichen rudimentär geworden seien.

So gross die Wahrscheinlichkeit dem anatomischen Befunde nach auch erscheinen mochte, so sehr die Analogie die Zugehörigkeit der Pycniden zu der Peziza auch zu stützen vermochte, es kann gleichwohl nichts falscher sein, als diese Deutung, wie dies die nachfolgende Untersuchung ergeben wird.

Die Sporen der Pycniden (Fig. 5), welche in Form schleimiger Tröpfchen aus deren Oeffnungen austreten, lassen sich leicht rein für die Cultur gewinnen. Sie keimen in Nährlösung zu grossen reich septirten Mycelien aus (Fig. 4—10). Die Fäden derselben sind nicht mehr, als etwa halb so dick, wie die von Peziza. Nach Inhalt und Verzweigung weichen sie durchaus von diesen ab, dabei wachsen sie in der gleichen Nährlösung nicht halb so schnell wie diese. Die Fäden bleiben 8 Tage lang arm an Verzweigungen und haben etwas sparriges und starres in ihrem Verlaufe. Nach dieser Zeit beginnt die Fructification, die Anlage der Pycniden und zwar vorzugsweise im Verlaufe der Hauptmycelfäden. Diese erweitern sich an einzelnen, nicht lang ausgedehnten Stellen um das 2—4fache zu kolbenartigen Anschwellungen, welche gleich nachher von vielen Scheidewänden durchsetzt werden (Fig. 6—10). Die schmalen meist flachen Zellen, in welche hierdurch der Faden getheilt ist, sprossen unmittelbar zu Seitenästen aus, die dicht zusammengestellt sind und im rechten Winkel sparrig abstehend die junge Fruchtanlage leicht kenntlich machen. Zu den ersten Scheidewänden, welche die erweiterten Fadentheile senkrecht zu ihrem Verlaufe durchsetzen, kommen nun, wenn die Seitenäste gebildet sind, andere Wände hinzu, die schräg zu den ersten ansetzen und so die Bildung eines echten Gewebes einleiten. Fortdauerndes Wachsthum und unregelmässige Theilungen nach allen Richtungen, die sich vorzugsweise auf die mittlere, nach oben gelegene Partie des jungen Gewebecomplexes concentriren, erheben diesen bald über den Faden. Den durch Theilung neu gebildeten, am Aussenrande liegenden Zellen ist es weiterhin eigen, hyphenartig auszusprossen und die Zahl der Hyphen zu vermehren, die haarartig den Gewebekern einhüllen (Fig. 11). Wo sich diese Hyphen an jungen Stadien der Frucht seitlich berühren, können sie gewebeartig verwachsen, und oft sieht es aus, als ob diese Verwachsungen den Anfang des Gewebekernes überhaupt bildeten. In den nächsten Stadien hat die Anlage eine kugelige Form erreicht und sitzt gallenartig dem Faden auf. Diese Formausbildung ist kaum anders denkbar als durch eine Bevorzugung der jeweils oberen Zellen in ihrer Vermehrung durch Theilung. Die stärksten Vergrösserungen lassen auf den feinsten Durchschnitten nichts anderes als eine gleichmässige compacte Gewebsmasse erkennen. Dieser Zustand geht aber mit der weiteren Vergrösserung verloren.

Der Gewebekörper wächst um das Vielfache seiner Grösse aus, behält

aber hierbei seine kugelige oder wenig längliche Form bei. Sobald die Vergrösserung aufgehört hat, cuticularisiren die äusseren Gewebslagen, ebenso die Hyphenhaare an deren Oberfläche, welche mehr an der Basis gelegen sind und nach oben hin aufhören. Auf der oberen Wölbung hebt sich an dem schwarz gewordenen Fruchtkörper eine hellere rund umschriebene Stelle ab. Sie ist, wie man mit starker Vergrösserung bei scharfer Einstellung sieht, eine Oeffnung mit einem Mundbesatz aus kurzen concentrisch gestellten Hyphen (Fig. 12 3). Die Bildung dieser Oeffnung kann nicht direct verfolgt werden; sie kann aber kaum anders entstehen, als durch ein Auseinanderweichen des Gewebes an einer Stelle, die an der Zellvermehrung in der weiten Umgebung und an der Vergrösserung des Fruchtkörpers resp. der Zunahme des Umfanges in den mittleren Regionen nicht betheiligt ist.

Dies obere Loch ist nur die Fortsetzung einer inneren Höhlung, die ebenfalls auf bevorzugte Zellvermehrung der peripherischen Partien und dadurch bedingte Erweiterung des Umfanges und ein Auseinanderweichen der inneren Gewebselemente natürlich zurückzuführen ist. — Die auseinanderweichenden, die innere Höhlung bekleidenden Zellen leiten nun, sobald sie an der Innenseite frei liegen, die Bildung der Sporen ein. Es treten an ihnen kurze, eiförmig anschwellende Ausstülpungen auf. Diese entstehen an beliebigen freiliegenden Stellen der Zellen. An einer Zelle können sich 2—3 Aussprossungen gleichzeitig bilden; sie sitzen den Mutterzellen direct ohne Sterigmen auf (Fig. 3 u. 4). Es würde nichts im Wege stehen, die Sporen bildenden Zellen auch als Basidien aufzufassen, welche ihre Sporen ohne Sterigmen bilden. — Wieviel Sporen eine Zelle zu bilden vermag, lässt sich natürlich nicht sicher ermitteln. Da aber der Sporenbildungsprocess nicht an derselben Stelle im Innern des Fruchtkörpers bleibt, vielmehr von Innen nach Aussen fortschreitet, also auf die äusseren Gewebszellen übergeht, während die inneren vergehen, und sich statt ihrer die dunkelgrünen, von Schleim verklebten Sporenmassen ansammeln, so scheint es nicht unwahrscheinlich, dass sich die Zellen mit einmaliger Sporenbildung erschöpfen und dann vergehen, vielleicht zu dem Schleime sich auflösen, der die Sporen verklebt.

Die Sporenabschnürung geht auf der ganzen innern Höhlung des Fruchtkörpers vor sich (Fig. 3); hiervon ausgeschlossen beibt allein die Mündung der nach oben führenden Oeffnung. Hier bilden die Zellen keine Sporen,

sie wachsen nur zu kurzen Fäden aus, welche den strahlig geordneten Mundbesatz des Loches herstellen, den man von oben und auch auf axilen Längsschnitten sieht (Fig. 12 3).

Durch den stark aufquellenden Schleim, welchem die Sporen eingebettet sind, werden sie mit ihrer zunehmenden Ansammlung im Innern in dunklen Tropfen aus der Oeffnung gepresst schon zu einer Zeit, wo die Bildung derselben in der Umgebung noch lebhaft fortdauert. Diese erreicht erst ihr Ende, wenn alle zartwandigen inneren Gewebspartieen des Fruchtkörpers erschöpft sind, und nur die cuticularisirten äusseren Theile als Kapsel zurückbleiben. Die eiförmigen, an beiden Enden etwas zugespitzten, innen mit Fetttröpfchen versehenen Sporen von 0,006 Mm. Breite und 0,0085 Mm. Länge sind sogleich keimfähig und bilden in weiteren Culturen regelmässig je nach 8 bis 10 Tagen neue Pycniden.

Die vorstehende Beschreibung entspricht der Bildung der Pycniden an einzelnen Mycelfäden. Häufig habe ich gesehen, dass sie dort ihren Anfang nahmen (Fig. 10), wo 2 Fäden bis zur seitlichen Berührung zusammengetreten waren, wobei beliebig auftretende Fusionen zwischen den Zellen dieser Fäden als Sexualact zu deuten gewesen wären. Auf den 2 Fäden entstand nur ein einheitlicher Fruchtkörper. In andern Fällen, wo die Fäden soweit entfernt von einander lagen, dass die correspondirend angelegten Fruchtanlagen nicht direct verschmelzen konnten, bildeten sich Verwachsungen aus (Fig. 11).

Neben den Objectträgerculturen, auf welchen ich den Entwicklungsgang der Pycniden genau verfolgte, habe ich zahlreiche Massenculturen auf pilzfreiem Brode gemacht, welches mit Nährlösung durchtränkt wurde. Ich säete wenige Sporen an der einen Seite eines langen Brodstückchens aus. — Nach 10 Tagen zeigten sich in der nächsten Umgebung die ersten Fruchtkörper. Ihre Anlage ging weiter fort, bis nach 6 Wochen das ganze Brod mit Pycniden besetzt war. Die Culturen wurden dann in derselben und in anderer Art weiter fortgesetzt.

Das Mycelium der Pycnide, welches hier in Masse auf dem Brode sich anhäufte und nicht selten zu Strängen vereinigte, hatte eine graugelbe Farbe, war total verschieden von dem Mycel der Peziza, die Fruchtkörper sassen dem Mycel eingebettet und waren leicht an den aus den Oeffnungen austretenden

schwarzen Sporentröpfchen zu finden. Verwachsungen zu grossen kuchenartigen Massen mit verzweigten Gängen im Innern, in welchen die Sporen gebildet wurden, waren auf den Culturen eine häufige Erscheinung.

Um die Art des Parasitismus der Pycniden auf der Peziza zu ermitteln, machte ich zuerst Aussaaten der Pycnidensporen auf junge Mycelien der Peziza. Merkwürdig genug breiteten sich die Fäden beider Pilze aus, ohne die mindeste Notiz von einander zu nehmen, auch dann, wenn die Peziza vorher die Nährlösung so weit erschöpft hatte, dass die Pycnidensporen nur eben noch zum Keimen kommen konnten. Die Pezizamycelien bildeten Sclerotien, die Mycelien der Pycnide nach 10 Tagen neue Fruchtkörper. Mit diesem Ausgange der Versuche standen die Beobachtungen über das Auftreten der Pycniden an den Sclerotien und deren Erschöpfung durch den Parasiten im schroffsten Widerspruche. — Ich machte nun neue Culturen auf Brod, wo ich der Peziza einen Vorsprung von einigen Tagen gab, dann die Pycnidensporen aussäete. Nun wurden die Sclerotien und zwar zuerst an den Stellen der Aussaat befallen. Sie trugen nach 10 — 12 Tagen reiche Pycniden und weiterhin wurden alle Sclerotien der Cultur von der Pycnide besetzt befunden. Correspondirende Culturen der Peziza ohne Nachsaat von Pycnidensporen blieben vollkommen frei. Als ich die Culturen mit dem gleichen Ausgange so lange wiederholt hatte, dass kein Zweifel mehr darüber bestehen konnte, dass die Sclerotien allein es sind, welche von der Pycnide befallen werden, inficirte ich diese direct mit Sporen, indem ich sie erst aufweichte, dann die Sporen auftrug und nun einen Tag feucht hielt. Es erschienen in regelmässiger Folge von 10 Tagen neue Pycniden auf den Sclerotien, die später bis zu Ende aufgezehrt wurden; nicht inficirte Sclerotien derselben Art blieben gesund.

Der Pilz lebt also als Parasit auf den Sclerotien der Peziza und befällt auch, wie ich ergänzend anfügen will, die auskeimenden Keulen, welche bald abwelken (Fig. 10). — Mit der gleichen Ueppigkeit, wie er als Parasit sich entwickelt, lässt er sich in künstlichen Substraten ziehen. — In den Sclerotien ist die Verbindung der Fäden des Parasiten mit denen der Peziza eine solche, dass ein Eindringen der einen in die anderen auch in den günstigsten Objecten nicht gesehen werden kann, die Fäden der Peziza werden aber sichtbar aufgelöst und verzehrt.

Wie *Tulasne*, hätte er die Pycniden auf den Sclerotien der Peziza gefunden, kein Bedenken getragen haben würde, sie in den genetischen Verband mit der Peziza zu ziehen, so habe ich keinen Zweifel darüber, dass die Präparationsbefunde *Tulasne*'s nichts anderes beweisen, als dass diese Methoden der Untersuchung unvollkommene und für genetische Zusammengehörigkeit von Fruchtformen eines Pilzes unzureichende sind. Der mikroskopische Befund auf Grund präparativer Hülfsmittel hat keine Beweiskraft für genetischen Zusammenhang, selbst nicht bei dem Nachweise einer directen Fadenverbindung; eine solche Verbindung tritt z. B. bei Chaetocladium und Mucor[1]) auch ein, und doch liegen zwei verschiedene Pflanzen vor, von denen die eine parasitisch auf der anderen lebt wie die Pycnide auf der Peziza. In der Cultur der Sporen ist der allein mögliche Weg gegeben, um zu sicheren Resultaten zu gelangen; ich bemerke dies namentlich in Beziehung auf manche Arbeiten *Tulasne*'s, an denen ich, abweichend von *de Bary*, vorzugsweise die Zeichnungen und auch diese nicht immer »berühmt« finde[2]).

Die Cultur der Pycniden habe ich über 4 Jahre hindurch fortgesetzt. Die Zahl der Reihengenerationen, in welchen niemals etwas anderes auftrat, als die beschriebenen Pycnidien, geht weit über Hundert hinaus. Sie sind jedenfalls die vorherrschende Fruchtform des Pilzes, den ich »Pycnis sclerotivora« nennen will in der Voraussetzung, dass er bisher nicht beschrieben ist, wonach ich mich vergeblich umgesehen habe. — Es ist immerhin möglich, dass es gelingt, anderweite Fruchtformen des Pilzes noch aufzufinden, aber ebenso möglich und fast wahrscheinlicher, dass diese, für deren Existenz alle Analogie spricht, aus dem Entwicklungsgange wieder verschwunden sind.

Meine Beobachtungen über Pycnis sclerotivora, welche ich auf der Naturforscher-Versammlung in Hamburg 1876[3]) vorgetragen, haben nicht lange Zeit

---

[1]) Taf. II, Fig. 3 und Schimmelpilze I. Heft, Taf. III; der Parasitismus und damit verbunden das engste gemeinschaftliche Vorkommen von Fruchtformen verschiedener Pflanzen ist bei den Pilzen eine sehr häufige Erscheinung.

[2]) Es versteht sich von selbst, dass die älteren Angaben über Zusammengehörigkeit von Pilzformen, soweit sie sich auf gemeinsames Vorkommen und auf Präparationsbefunde stützen, nach den jetzigen Culturmethoden neu zu prüfen sind, wenn die genetische Verbindung als eine sicher erwiesene angesehen werden soll.

[3]) Tageblatt der Naturforscher-Versammlung in Hamburg, 17. September 1876, *Brefeld*, Mycologische Untersuchungen.

nachher in einer Mittheilung von *Bauke*[1]), soweit es die Anlage der Pycnidenfrüchte angeht, weitere Bestätigung gefunden. Ich selbst habe damals die Untersuchung nicht auf andere Pycniden ausgedehnt; dies ist vielmehr von *W. Zopf*[2]) geschehen, der die Untersuchungen von *Bauke* näher berücksichtigt hat, und auf dessen Arbeit ich hiermit verweise.[3])

1) *Bauke*, Pycniden, Nova Acta Vol. XXXVIII.

2) *W. Zopf*, Conidienfrüchte von *Fumago*, Nova Acta Vol. XL.

3) Längst bevor ich die ächte Gewebebildung bei den Pycniden fand, hatte ich nach Befunden bei Basidiomyceten die Ueberzeugung gewonnen, dass die Bildung des Pseudoparenchyms nur die häufigere Art der Gewebebildung bei den Pilzen sei, wie dies ja auch schon die bekannten gewebeartigen Theilungen von Ascussporen etc. lehren.

Weitere Untersuchungen von verschiedenen Ascomyceten.

An die ausführlichen, von Abbildungen begleiteten Untersuchungen der Peziza tuberosa und P. Sclerotiorum will ich den kurzen Bericht über die Resultate anschliessen, welche ich bei anderen, bisher nicht oder schon früher untersuchten Ascomyceten-Formen bis jetzt gewonnen habe.

Von Sclerotien bildenden Pezizen habe ich Peziza ciborioides Fr., welche auf Kleearten vorkommt, in der Bildung der Becher untersucht und eine vollkommene Uebereinstimmung mit P. Sclerotiorum gefunden; soweit ich die Culturen fortsetzte, traten zwar keine Conidien auf, ihre Existenz ist aber damit nicht ausgeschlossen.

Peziza Fuckeliana keimt genau so aus den Sclerotien, welche sich im Herbste auf Weintraubenblättern finden, wie die früheren. — Nach *de Bary* gehören als Conidien die Botrytis cinerea hierher[1]. Aus den Sporen der Botrytis habe ich immer nur unvollständig entwickelte Sclerotien künstlich erziehen können, welche inwendig hohl blieben. Aus den schwarzen Rindenzellen dieser Sclerotien keimten mehrere Jahre hindurch die Conidienträger von Botrytis cinerea, aber niemals die Peziza. — *Eidam*[2] gibt an, dass er aus den Sporen der Botrytis Mycelien mit einer Fructificationsform gezogen habe, welche der Beschreibung nach der von P. Sclerotiorum entsprechen dürfte. — Ich führe die Angaben von *de Bary* und *Eidam* hier referirend an; ich bin leider durch meine

---

[1]) *de Bary,* Morphologie der Pilze, p. 201.

[2]) *Eidam,* Sitzung der bot. Section der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur vom 29. November 1877.

Krankheit verhindert worden, meine Beobachtungen weiter zu fördern, als ich angegeben habe.

Von anderen Pezizen, bei welchen Sclerotien nicht beobachtet sind, habe ich eine ganze Anzahl betreffs der Differenzirung der Ascusfrüchte vergleichend untersucht, z. B. Peziza coccinea J., P. aurantiaca Oedr., P. nigrella Pers., P. hemisphaerica W., P. bicolor Bull. etc. und nichts beobachten können, was für eine andere Bildungsart der Apothecien spräche, als sie in Peziza Sclerotiorum vorliegt. — Es wird wahrscheinlich gelingen, bei den meisten Pezizen die nicht keimenden Conidien zu erzeugen, die sich bei der Peziza Sclerotiorum durch künstliche Cultur gewinnen liessen.

Den angeführten Pezizen schliessen sich weiter an in der analogen Entwicklung der Apothecien: Otidea leporina B., Bulgaria inquinans Fr., Sarcosphaera macrocalyx R., mehrere Arten von Geoglossum, Leotia lubrica P., ferner eine Reihe von Morchella- und Helvella-Arten, soweit sie hier vorkommen. — Bei allen diesen Formen zeigen sich, genau wie bei P. Sclerotiorum, erst nach Anlage der Paraphysenlager die ascogonen Hyphen zu einer Zeit, wo die äussere Form des Fruchtkörpers schon fast ausgebildet ist. Die ascogonen Hyphen entspringen in dem bis dahin durchaus gleichartigen Fruchtkörper eine Strecke weit unter dem Paraphysenlager von denselben Hyphen, welche die Paraphysen erzeugt haben.

Aus den Sporen der letzterwähnten Pilzformen habe ich grosse Mycelien gezogen, aber vorläufig andere Fruchtformen — Conidien — an diesen nicht beobachtet; vielleicht gelingt es durch weitere Fortsetzung der Culturen sie zur Erscheinung zu bringen, da der Analogie nach ihre Existenz, wenigstens die einstmalige Existenz, als wahrscheinlich anzunehmen ist.

Während nun bei den bis jetzt untersuchten Discomyceten die Entwicklung der Apothecien, abgesehen von dem Umstande, dass sie bald direct auf den Mycelien, bald indirect auf den vorher gebildeten Sclerotien auftreten, eine Uebereinstimmung dahin zeigten, dass eine Differenzirung in sterile und fertile Elemente, also in Paraphysen und ascogone Schläuche erst in dem fast fertigen, bis dahin gleichartigen Fruchtkörper zur Ercheinung kam, verhält sich die Sache bei Ascobolus[1]) wesentlich anders,

---

[1]) *Janczewski*, Morphologische Untersuchungen über Ascobolus furfuraceus, Bot. Zeitung 1871. No. 17 u. 18.

Hier greift die Differenzirung in fertile und sterile Hyphen auf die erste Anlage des Apotheciums zurück.

Die Zellen eines Seitenastes an den Mycelfäden schwellen tonnenförmig an, indem das Längenwachsthum des Fadens stille steht. Der Initialfaden wird bald umhüllt von Fäden, welche mehr oder minder weit unter ihm oder aus seiner Umgebung entspringen. Die durch die Verschlingung der Fäden um den tonnenförmigen Ast, resp. Initialfaden gebildete, anfangs geschlossene Fruchtanlage öffnet sich durch Trennung der peripherischen Theile bald nach Anlage des Paraphysenlagers. Erst dann wächst eine der tonnenförmigen Zellen des Initialfadens zu den ascogonen Schläuchen aus, die von dem umgebenden Gewebe oder Hyphen des Fruchtkörpers ernährt, an den Enden die Ascen bilden, welche sich zwischen die Paraphysen drängen. — Die Entwicklung ist rein vegetativ, die Annahme eines Sexualactes, einer Befruchtung des Initialfadens durch einen Hüllschlauch, nichts wie eine willkürliche Deutung.

Bei dem Ascobolus denudatus und wahrscheinlich auch bei anderen Species sind Conidienbildungen auf den Mycelien ein regelmässiges Vorkommniss. Die Conidien entstehen an Mycelseitenästen durch basipetale Abgliederung. Die Ketten erreichen bedeutende Längen, ohne zu zerfallen und entsprechen denen der Träger von Erysiphe. Die langen Ketten, welche auf Mistculturen einen flockigen Ueberzug bilden, sehen genau aus wie die zergliederten Mycelfäden von Oidium lactis und sind wohl häufig dafür gehalten worden. Mit den Conidien habe ich Reihenculturen gemacht, die im August und September stets reiche Apothecienbildung neben den Conidien zeigten. Darauf hörten die ersteren auf zu erscheinen, und die Conidien blieben allein zurück. Aber statt der Apothecien kamen merkwürdige Gebilde zum Vorschein, nämlich grosse Thallusmassen ganz von der Farbe der Apothecien, aber steril und mit marginalem Wachsthum versehen. Sie wuchsen zu enormer Grösse heran, einer Wallnuss gleich, hatten ein strahliges Ansehen, und wellige, ausgezackte Ränder, die sich immer weiter vorschoben, wie die Zonen eines Polyporus-Fruchtkörpers. Zerschnitten hatten sie das Gefüge wie die sterilen Theile des Apotheciums und bestanden meist aus grossen Zellen mit Fäden untermischt. Als ich weitere Objectträgerculturen mit den Conidien machte, die erste Anlage der Thallusmassen zu verfolgen, sah ich, dass sie entstehen wie sonst die Apothecien. Dieselben tonnenförmigen Seitenäste treten auf, zu ihnen kommen andere, die ebenso an-

schwellen, bis sich eine Masse formirt hat, die nicht mehr durch Anlegen neuer Aeste wächst, sondern aus den eigenen Elementen sich vergrössert. Anfangs scheint dies nicht bloss am Rande zu geschehen, dann aber ist nur mehr der Rand für die Umfangzunahme thätig. Während er wächst, gehen die rückwärtsangelegten Elemente in den Zustand des Pseudoparenchyms über. — Es liegen hier Thallusmassen mit Marginalwachsthum vor, die den thallösen Bildungen anderer Pilze entsprechen dürften, die aber, soweit ich sie verfolgt habe, einen sclerotialen Zustand nicht annehmen. Eine Fructification habe ich bisher nicht an ihnen erreichen können; die letzten Versuche sind gleich vielen anderen durch meine Krankheit eingegangen. Es ist möglich, dass später Apothecien an ihnen aufgetreten wären, aber auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass andere unbekannte Fruchtformen aus ihnen keimen; ich behalte mir weitere Einzelheiten für eine spätere Mittheilung vor.

Unter den Erysipheen oder Tuberaceen habe ich zunächst die früheren Beobachtungen über Erysiphe[1]) erneut. Den Reihengenerationen mit ausschliesslicher Conidienbildung folgt im Anfange des Herbstes die Anlage von Perithecien, anfangs noch mit Conidienbildung, die dann mehr und mehr zurückgeht. Die Ascenfrüchte treten an den Verbindungspunkten von zwei Fäden auf, und werden aus Seitenästen gebildet, die dort entspringen. Die Differenzirung der Frucht greift bis auf die erste Anlage zurück. Von einem der ersten Sprosse entspringen später die Ascen (oder der Ascus); die Sprosse des zweiten Fadens und diejenigen, die an der Basis des ersten Sprosses entstehen, bilden die Masse des Fruchtkörpers um den ersten ascogonen Spross, welcher das Füllgewebe bis auf die Kapsel verzehrend meist erst im nächsten Frühjahr reife Ascen bildet. Die sämmtlichen Sprosse, welche den Fruchtkörper zusammensetzen, haben ein geringes Längenwachsthum bei reicher Seitenaussprossung.

Bei Eurotium Aspergillus[2]) kommen gewöhnlich beide Fruchtformen, Conidienträger und die Eurotien, auf demselben Mycelium vor, die letzteren etwas später. In Reihengenerationen verfolgt, fand ich die Eurotienbildung ganz besonders reich im Herbst, wo ich mehrmals Culturen hatte, die nur wenige

[1]) *de Bary*, Erysiphe, Beiträge zur Morphologie der Pilze, III. Reihe.
[2]) *de Bary*, Eurotium, Beiträge zur Morphologie der Pilze, III. Reihe.

Fruchtträger von Aspergillus getrieben hatten. In geeigneten Objectträgerculturen erhält man Hunderte von Perithecienanlagen. Seitenäste von Mycelfäden rollen ihr Ende durch ungleiches Längenwachsthum der Seiten wie eine Ranke spiralig auf. Zu gleicher Zeit sprossen Seitenzweige aus, namentlich unter der Schraube. Sie hüllen sie ein, schliessen zu einem Gewebe zusammen, und dann wächst die Schraube seitlich aus und bildet, vom Füllgewebe ernährt, aus Seitensprossen die Ascen. — Auch hier greift die Differenzirung der Frucht auf die ersten Sprosse zurück, wie bei Erysiphe.

Von Penicillium[1]) habe ich die Ascusfrüchte vor 10 Jahren gefunden und im II. Hefte dieser Schimmelpilze beschrieben. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen, wie sie in der Natur vorliegen, sind die Conidien so überwiegend, als ob sie die alleinige Fruchtform des Pilzes wären. Nur bei sehr üppiger Ernährung auf Brod kommen die Perithecien zur Ausbildung; der Zutritt von Luft resp. von Sauerstoff spielt dabei keine oder nur eine unbedeutende Rolle, wie ich mich weiterhin überzeugt habe. Sie bilden sich neben den Conidienträgern und zwar in jeder Jahreszeit, am üppigsten allerdings im Herbst, wo die Conidien mitunter zu Gunsten der Sclerotien zurücktreten. Ein schraubig gewundener Initialfaden wird von Seitensprossen umhüllt. Beide nehmen von Anfang an einen verschiedenen Entwicklungsgang, die Schraube wächst früher aus, wie bei Eurotium, ihre Sprosse lassen sich zwischen den Hüllhyphen erkennen und verfolgen. Sie erstarren im Füllgewebe des sclerotialen Zustandes, keimen später allein aus und treiben, das Füllgewebe verzehrend, die ascenbildenden Seitenäste. An ihnen werden die Ascen in basipetaler Richtung in Ketten auf kurzen Sterigmen, wie die Conidien, gebildet (nicht wie ich es früher gedeutet und beschrieben habe[2]). Die Ketten zerfallen, wenn die Sporen in den Ascen gereift sind, dann lösen sich auch die Ascen auf.

Was mir bei Penicillium gelungen ist, die Perithecien, die ich in der Natur seit 10 Jahren vergeblich gesucht habe, durch künstliche Cultur zu erzeugen, gelang mir nicht lange nachher auch beim Aspergillus niger. Bis zu Ende Juli bedeckten die Conidienträger wie ein schwarzes Polster das Substrat.

---

[1]) *Brefeld,* Schimmelpilze, II. Heft.

[2]) Die Abbildungen in meiner Arbeit sind hier zutreffend, aber der Text nicht mehr den jetzigen Auffassungen und Beobachtungen entsprechend.

Darauf erschienen in den weiteren Culturen Sclerotien. Je massenhafter sie gebildet wurden, um so mehr traten die Conidienträger zurück. Schon im October aber blieben die Sclerotien aus und von dieser Zeit bis zum nächsten Juli oder August war wieder nichts wie Conidienträger zu finden; dann kamen die Sclerotien wieder, um abermals nach 2 Monaten zu verschwinden, wie früher. Ich habe dies 6 Jahre beobachtet. Die Sclerotien sind 5—6 Mal grösser wie die von Penicillium, ascogone Hyphenstränge sind darin nicht zu finden, ebensowenig die Differenzirung von Initialfäden bei der Fruchtanlage in Hüllschläuche und in ascogone Sprosse zu unterscheiden. Den Zustand der Reifung der Sclerotien begleiten starke Wasserabscheidungen an der Oberfläche. Die Reifung resp. Membranverdickung geht aber niemals bis zur Mitte. Die centralen Theile bleiben zart und gehen im weiteren Verlaufe der Cultur stets zu Grunde, die Sclerotien keimen nicht aus. Dieser Ausgang der Culturen war 5 Jahre hindurch der gleiche und durch keine Variation des Culturverfahrens zu beeinflussen, am wenigsten dadurch, dass ich die Sclerotien auf der Cultur sich selbst überliess, oder auch, die Reifung zu vollenden, eine höhere Temperatur anwandte. Die anfänglichen Auskeimungen, die ich beobachtete[1]), waren auf die Keimung von Conidien zurückzuführen, die zwischen den Hüllhyphen eingeschlossen waren, wie es ja auch bei Penicillium vorkommt und zu Täuschungen Veranlassung geben kann.

Mit dem Aspergillus niger habe ich Asp. flavus, den Pilz, den ich vor 12 Jahren auf einer Empusafliege antraf, gleichzeitig cultivirt. An ihm fand ich auch im Herbst keine normale Sclerotien, wohl aber undifferenzirte knollenartige Gebilde, von denen ich es für wahrscheinlich halten möchte, dass sie die verkümmerten Fruchtkörperanlagen sind, die hier schon nicht mehr zur vollen Formausbildung kommen.

Ein weiteres günstiges Material für die Untersuchung von Erysipheen hoffte ich in den Formen zu finden, welche nur einen oder wenige vielsporige Ascen haben. Ich traf drei Pilze der gesuchten Art bald nachher auf Hasenmist an, die ihre Sporen mit grosser Heftigkeit an die reine Glocke des Culturglases auswarfen; einer von ihnen hatte nur einen grossen vielsporigen

---

[1]) *Brefeld*, Mittheilungen über neue Culturmethoden der Pilze. Abh. der Gesellschaft naturf. Freunde in Berlin, December 1875.

Ascus, und entsprach dem Ryparobius myriosporus Boud., eine zweite kleinere Form hatte deren mehrere, eine dritte viele kleine Ascen, aber noch mit wenigstens 24 Sporen.

Die septirten Mycelien waren von allen gleich, anderweite Conidienträger blieben bei allen aus. Die ersten Perithecienanlagen zeigten sich nach 6—8 Tagen und waren bald sehr reichlich. Sie wurden auf dicken Mycelfäden aus gleichartigen Seitensprossen gebildet, welche sich zu einem kleinen Knäuelchen zusammenlegten. Während dies wie andere junge Perithecienanlagen an Umfang zuzunehmen begann, zeigte sich in der Mitte eine Zelle, welche mit der Frucht langsam um das Vielfache der anfänglichen Grösse auswuchs, und dann zum vielsporigen Ascus wurde. — So wie bei den Sporangienträgern der Mortierella die Trägerzelle auf den Rhizoiden entsteht[1]), die ihr vorausgehen, so zeigt sich auch hier die Anlage der ascogonen Zelle resp. des Sporangiums erst dann, wenn einige Seitensprosse gebildet sind, die sich aber nicht ausbreiten, wie bei der Mortierella, sondern sogleich zusammenlegen. Und wie es weiter bei der Mortierella häufig vorkommt, dass mehrere sporangiale Sprosse auf einem Rhizoidenlager sich bilden, bald nahe zusammen, bald weiter entfernt (Fig. 3, Taf. 5), so sind auch hier analoge Fälle häufig, in welchen statt eines zwei ascogone Sprosse zu zwei völlig getrennten Ascensporangien im Perithecium sich ausbilden. Das Hüllgewebe der Kapsel, in welchem übrigens die Gewebebildung nur unvollkommen erfolgt, dürfte hier kaum zur Ernährung des reifenden Ascus in Verwendung kommen, denn er wächst, von dem Muttersposs der Fruchtanlage ernährt, gleichzeitig mit der Bildung der Hülle zur vollen Grösse aus. Diese wird nach Aussen gedrängt, eine Auflösung ihrer Elemente habe ich nicht constatiren können; es ist aber immerhin möglich, dass sie in geringem Grade doch eintritt. Die sich mit der Reife verdickende Membran des Ascus hat oben eine circumscripte dünnere Stelle, an ihr erfolgt die Entleerung der Sporenmasse, wobei die Hülle oben aufreisst; die Sporen werden, weit über 100 an Zahl, durch Zwischensubstanz verklebt, mit Vehemenz an den Deckel der Cultur geworfen. — Bei den beiden kleineren Formen mit mehreren Ascen habe ich diese zusammenhängend als Sprosse eines ascogonen Fadens gefunden. Die Anlage der kleineren Ascen ist

---

[1]) Die 4. Abhandlung dieses Heftes der Schimmelpilze.

hier gemäss der vorangehenden Verzweigung der sporangialen resp. ascogonen Zelle, nicht so früh sichtbar wie bei dem vorigen günstigeren Objecte.

Die vorstehend in Kürze berührten Einzelheiten, die ich später specieller ausführen werde, genügen für die Beurtheilung der Fruchtbildung bei diesen Formen, bei welcher die Differenzirung in einen fertilen und sterilen Theil nicht gleich zu Anfang, sondern erst etwas später im weiteren Verlaufe der Perithecienentwicklung eintritt. — Den unverkennbaren Anklängen dieser Ascomycetenfrüchte an die umhüllten Sporangienträger der Zygomyceten steht eine grössere Abweichung in den vegetativen Zuständen gegenüber, sie entsprechen in den feinen, reich septirten Mycelien den übrigen Ascomyceten. — Die nicht über 10 hinausgeführten Culturreihen aus Ascussporen, die mit meiner Krankheit abgebrochen wurden, ergaben immer nur die beschriebenen Früchte.

Unter den Pyrenomyceten-Formen habe ich zuerst Melanospora für die Untersuchung gewählt[1]). Sie schliesst die Reihengeneration der Botrytis Bassiana[2]) ab, begleitet sie anfangs noch, dann tritt sie allein auf. Der Pilz kommt auf Insecten vor, kann aber auch ebensogut künstlich ernährt werden. Die Perithecienanlage beginnt mit einer Schraube als Initialfaden, welcher die Ascen bildet, Seitensprosse, unterhalb der Schraube entspringend, bauen die Kapsel auf.

Bei der Claviceps purpurea[3]) sind nach den Reihengenerationen der Sphacelia, welche in künstlicher Cultur einzelne Fruchtträger bildet, auf dem Fruchtknoten des Roggens aber grosse Fruchtlager mit labyrinthartigen Gängen, in welchen auf palissadenartig angeordneten Sterigmen die Sporen succedan abgeschnürt werden, Sclerotien in den Entwicklungsgang eingeschlossen, aus welchen die Keulen keimen als ein Fadenbündel, welches, einheitlichen Ursprunges aus den gleichartigen Hyphen des Sclerotiums, oben die Kugel mit den Perithecien trägt. Die gleichwerthigen Hyphen differenziren sich erst nach Anlage der Perithecien, in welchen die fertilen die Ascen erzeugen. Während sie reifen, wächst die Keule durch intercalares

---

1) *Tulasne*, Fungorum Carpologia III.

2) *de Bary*, Zur Kenntniss insectentödtender Pilze, bot. Zeitung No. 36. 1869 und Bot. Zeitung 1867, p. 21.

3) *Tulasne*, Ann. des scienc. naturelles T. XX, p. 5, *Kühn*, Mittheilungen des landw. Institutes in Halle, I. 1863.

Wachsthum lang aus und erfährt endlich mit der Sporenreife durch ungleiches Wachsthum der Seiten eine starke Torsion. Schneidet man die früh auftretenden Köpfe von jungen Keulen ab, so entstehen direct keine neuen Köpfe, sondern die Keule wächst zu einer neuen secundären oder zu vielen neuen durch Verzweigung aus, welche je für sich einen Kopf ausbilden. Die Reihengenerationen, die man mit Ascussporen in Nährlösung einleitet, erzeugen zunächst immer nur die Sphacelia-Conidien.

Zu der Cordiceps militaris bildet die Isaria farinosa die keimfähige Conidienform analog der Sphacelia beim Mutterkorn. Aus den Ascussporen lassen sich in künstlicher Cultur Reihengenerationen mit Isaria ausschliesslich leicht herstellen. Die Keulen habe ich nur auf Puppen gefunden. Die Hyphenelemente, welche die Keulen aufbauen, sind gleichartige, junge Perithecien habe ich nicht mehr gesehen. — Bei der Cordiceps cinerea finden sich an den Keulen die Conidienträger vor, aber nicht einzeln, sondern in Fruchtlagern resp. Fruchtkörpern gleich einem Hyphenbündel, welches sich oben zur Kugel formirt und auf den letzten palissadenartig zusammenschliessenden Aesten die Conidien abschnürt. Diese Conidienkeulen ahmen die Form der Perithecienkeulen viel schärfer nach, als dies die bündelweise vereinigten Conidienträger der Isaria thun. Die Conidien keimen in Nährlösung leicht aus.

In den Perithecienanfängen der Xylaria-Arten[2]) habe ich dicke Schläuche stets gefunden, welche die Ascen erzeugen; hier zeigt sich wieder eine Differenzirung der Frucht in sterile und in fertile Elemente bald nach der Anlage oder schon mit der ersten Anlage.

Den Reihengenerationen von keimenden Conidien, welche bei Melanospora, Claviceps und Cordiceps der Bildung der Perithecien vorhergehen, schliessen sich weiterhin unter den Pyrenomyceten nicht keimende Conidien bei Sordaria-Arten und dem formenreichen Genus Chaetomium an, welche auf den Perithecien bildenden Mycelien oft in grosser Menge auftreten und in ihrer Formausbildung und ihrem sonstigen Verhalten fast genau denen der Pezizen entsprechen.

Bei der Sordaria habe ich selbst verschiedentlich die schraubig ge-

---

[1]) *Tulasne,* Fungorum Carpologia III; *de Bary,* l. c. der Abh. über insectentödtende Pilze in der Bot. Zeitung.

[2]) *de Bary,* Morphologie der Pilze, p. 98.

wundenen Initialfäden der Perithecien, denen von Eurotium ähnlich, gesehen, sie sind von *Gilkinet*[1]) abgebildet worden. Dagegen sind mir die von *Woronin*[2]) gesehenen Fruchtanfänge nicht vorgekommen. — *W. Zopf*[3]) hat dann bei vielen Sordaria-Arten die Untersuchung fortgesetzt und eine Schraube als Fruchtanfang häufig, nicht überall, gefunden, namentlich aber das verbreitete Vorkommen nicht keimender Conidien constatirt.

Die Gattung Chaetomium, welche *Zopf* von den Erysipheen an ihre richtige Stelle zu den Pyrenomyceten stellte, ist namentlich reich an nicht keimenden Conidien, die sich fast überall finden. Dagegen gelang es hier bei keiner Form, eine frühe Differenzirung bei den Perithecien aufzufinden. Von einer Schraube, wie sie Sordaria zeigt, ist nichts zu sehen, die Ascen treten in dem Fruchtkörper, der aus gleichen Hyphenverzweigungen sich aufbaut, erst in den letzten Entwicklungsstadien auf.

Es lassen sich die Untersuchungen der Ascomyceten nach den früher angegebenen Culturmethoden leicht weiter ausführen. Ich selbst bin durch meine Krankheit verhindert worden, dies zu thun, und kann meine Arbeiten erst nach dem Winter wieder aufnehmen. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden sich die zu gewinnenden Resultate den einzelnen der hier beschriebenen Specialfälle anschliessen. — Soweit es das Vorkommen der Fruchtformen angeht, würden die Flechten und eine ziemliche Anzahl anderer Ascomyceten den als bekannt bezeichneten Formen sich anschliessen lassen.

Der Vollständigkeit wegen weise ich schliesslich noch kurz auf eine Mittheilung von *Bauke* hin, der die Perithecien von Pleospora herbarum[4]) in ihrer Entwicklung ohne Ascogon und Pollinodium verfolgt hat, und auf die zahlreichen Angaben von *van Tieghem*[5]) über Entwicklung der Ascomyceten-

---

[1]) *Gilkinet*, Recherches morphologiques sur les Pyrénomycetes I Sordariées. Bull. de l'acad. de Belg. 1874.

[2]) *Woronin*, Beiträge zur Morphologie der Pilze, III. Reihe, von *de Bary*, Sordaria coprophila und fimiseda.

[3]) *W. Zopf*, Untersuchungen über Chaetomium und Sordaria, Sitzungsbericht des bot. Vereins der Prov. Brandenburg, Juli 1877.

[4]) *Bauke*, Zur Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten, Bot. Zeitung No. 20, 1877.

[5]) *van Tieghem*, Sur le développement de quelques Ascomycètes. Bull. de la Soc. bot. de Fr. tome 24, 1877, ebenda über Aspergillus und Sterigmatocystis, ferner sur le développement du fruit des Ascodesmis, ferner Penicillium aureum.

frucht. — Unter anderweiten früheren Angaben würde sich der von *Baranetzky*[1]) beschriebene Fall bei Gymnoascus dem von Penicillium anschliessen. — Peziza confluens[2]) ist unerwähnt geblieben, da die Beobachtungen über die Passivität des präsumptiven Geschlechts- resp. Copulationsapparates, soweit sie früher gemacht, nicht bloss nicht widerlegt, sondern — allerdings nur von *van Tieghem* — sogar bestätigt worden sind.

Die älteren Untersuchungen über Entwicklung der Perithecien von Pyrenomyceten, welche *Fuisting* ausgeführt hat, lassen, soweit sie reichen, den Schluss zu, dass die von ihm untersuchten Formen den Fällen einer frühen Hyphendifferenzirung sich anschliessen.

1) *Baranetzky*, Entwicklungsgeschichte des Gymnoascus Reessii, Bot. Zeitung No. 10, 1872.

2) *Tulasne*, Ann. des sc. nat. 1866, 5 série, VI und *de Bary*, Morphologie der Pilze, p. 164 u. 165.

3) *Fuisting*, Zur Entwicklungsgeschichte der Pyrenomyceten, Bot. Zeitung 1867 u. 1868.

Bemerkungen zur vergleichenden Morphologie der Ascomyceten.

Wenn wir nun den Versuch machen, die hier besprochenen und gut gekannten Formen der Ascomyceten einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen, und hierfür die Verschiedenheit der Fruchtformen, das Vorkommen und Verhalten der verschiedenen Fructificationen und ihre Entwicklung und Formausbildung besonders berücksichtigen, so drängt sich sogleich die Wahrnehmung auf, dass bei den in Rede stehenden Formen, wiewohl sie systematisch möglichst weit von einander abstehen und hiernach den 3 Abtheilungen der Disco-, Pyrenomyceten und Erysipheen angehören, doch dieselben Variationen wiederkehren, und dass somit eine auffallende Uebereinstimmung in der morphologischen Differenzirung innerhalb der einzelnen Abtheilungen und in der Gesammtheit der Ascomyceten herrschend ist.

Ein Vergleich der Fruchtformen im Allgemeinen würde folgende Unterscheidungen zulassen: 1) Ascusfrüchte und 2) Conidienfructificationen. Die Conidien treten entweder an fadenförmigen Fruchtträgern oder an Combinationen von diesen in Fruchtlagern und auch, zwar nicht häufig, in Fruchtkörpern auf, welche in der Form mehr oder minder an die Ascusfrüchte erinnern.

Die Conidienfructificationen lassen sich in ihren verschiedenen Formen wieder in 2 Abtheilungen gruppiren, von welchen die eine Sporen besitzt, die keimen, die andere Sporen trägt, welche nicht keimungsfähig, häufig sehr vergänglich sind.

Gehen wir nun von diesen Unterschieden in der Form und in dem Verhalten der Fruchtformen aus, so würde bei den erwähnten Formen der Asco-

myceten das Verhältniss der Fruchtformen eines Pilzes und der Fruchtformen der verschiedenen Pilze zu einander sich folgender Art herausstellen:

1) Generationen von Conidien folgen auf einander, dann treten neben diesen die Ascusfrüchte auf, z. B. Aspergillus, Penicillium.
2) Die Reihengenerationen von Conidien werden von einer Ascusfrüchte bildenden abgelöst, z. B. Claviceps, Cordiceps.
3) Es werden nur Ascusfrüchte erzeugt ohne Conidien, z. B. Ryparobius.
4) Die Conidien treten allein auf ohne Ascusfrüchte, z. B. Pycnis sclerotivora und Aspergillus niger und flavus, bei welchen sich rudimentäre Anlagen von Perithecien zeigen.
5) Die Ascusfrüchte sind von nicht keimenden Conidien begleitet, z. B. Peziza tuberosa, Sordaria, Chaetomium etc.

Um über den Werth der verschiedenen Fruchtformen ein Urtheil zu gewinnen, ist in erster Linie ihre Entwicklungsgeschichte und das Verhalten der Sporen zu Rathe zu ziehen.

Diese lehrt zunächst, dass die Conidienträger, Conidienlager und Früchte ungeschlechtlich entstehen. In den fädigen Trägern, in den Fruchtlagern und Fruchtkörpern ist der Uebergang von einfacher zu hochdifferenzirter Conidienfructification unverkennbar. — Die verschiedenen Conidienformen wurden als keimfähige und nichtkeimfähige unterschieden. Diesem Unterschiede in der Function entspricht keine morphologische Unterscheidbarkeit[1]). Nehmen wir das morphologische Moment als maassgebend an, so würden wir sie alle als homologe Fruchtformen betrachten und annehmen können, dass die einen noch normale, die anderen rudimentäre Bildungen sind, in welchen die Keimkraft erloschen ist. Dieser letzteren Annahme, welcher ich mich früher angeschlossen habe[2]), steht die Erwägung gegenüber, ob nicht etwa die nicht keimenden Conidien geschlechtliche männliche Sporen, und darum für sich keiner Entwicklung fähig sind. Hier kommt das physiologische Moment in Frage, es handelt sich um die Function. — Die sämmtlichen Beobachtungen ergaben vorhin, dass diese Conidien keine Function haben,

---

[1]) *Cornu* hat hierüber neuerdings eine Mittheilung gemacht, Reproduction des Ascomycètes, Stylospores et Spermaties, Ann. d. scienc. nat. VI. Série, III. Bd.

[2]) *Brefeld*, Schimmelpilze, Heft III.

dass sie namentlich in keinem Falle bei der Entwicklung der dritten Fruchtform, der Ascusfrüchte, der hier in Rede stehenden Ascomyceten wirksam sind, noch auch deren Sporen befruchten, welche letztere vielmehr für sich ebenso keimfähig, wie die Fruchtkörper für sich entwicklungsfähig sind.

Diese Ascusfrüchte nun, welche im Vergleich zu den nur vereinzelt vorkommenden Conidienfrüchten fast immer hochdifferenzirt sind, zeigen bemerkenswerthe Abweichungen in ihrer Entwicklung dahin, dass die fertilen Elemente in ihnen in ganz verschiedenen Stadien zur Erscheinung kommen. Sie treten z. B. bei Peziza, Chaetomium sehr spät auf, erst mit den letzten Hyphenverzweigungen nach vollendeter Formausbildung der Fruchtkörper; bei Ryparobius greift die Anlage der ascogonen Fäden auf frühere Stadien zurück: auf den ersten Verzweigungen zur Anlage der Frucht zeigt sich schon der fertile Spross; bei anderen endlich (Aspergillus) ist sie mit dem ersten Anfange gegeben: der fertile Spross ist der erste, ihm folgen die sterilen, und beide lassen sich von Anfang an als differente Sprosssysteme in dem weiteren Entwicklungsgange des Fruchtkörpers für sich weiterverfolgen. — Dabei macht sich ein anderer Unterschied in der Art bemerkbar, dass bald nur Ein Faden mit seinen Verzweigungen, wie bei Aspergillus, bald zwei wie bei Erysiphe, bald mehrere wie bei Ascobolus und endlich ganze Hyphenbündel bei der Bildung wie bei Peziza Sclerotiorum betheiligt sind. Es sind dies Variationen, welche auch bei Conidienträgern und Früchten in ähnlicher Art vorkommen, wo bald ein Faden (Aspergillus, Pycnis), bald ein Fadenbündel (Conidienfrüchte von Cordiceps cinerea) die Träger und Früchte bilden.

Die unter den erwähnten Fällen der Ascusfrucht-Entwicklung *vereinzelt* vorkommende frühe Differenzirung der Frucht in einen fertilen Initialfaden, der zunächst entsteht und in Hüllschläuche, die nach ihm kommen, ist seitens *de Bary* Gegenstand besonderer Beachtung geworden[1]). Er selbst hat den Initialfaden als ein weibliches Organ — Ascogon — gedeutet, und dem ersten Hüllschlauche bei Eurotium oder auch dem zweiten an der Frucht-

---

[1]) *de Bary*, Beiträge, III. Reihe, Eurotium, Erysiphe und Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der Ascomyceten.

bildung betheiligten Faden bei Erysiphe, und zwar auch hier dem ersten Sprosse, die Function des befruchtenden männlichen Organes — Pollinodium — übertragen, wobei eine Fadenfusion zwischen Ascogon und Pollinodium, auf deren Ansicht viel Zeit verwendet wurde, den geschlechtlichen Act repräsentirt, der übrigens in solchen und zwar den weitaus meisten Fällen, wo eine solche Fusion nicht zu finden ist, in der milderen Form der innigen Berührung von Statten gehen soll. Dieser Zeugungsact und namentlich das dabei functionirende männliche Glied, das Pollinodium, erhält als solches ein besonderes Lustre bei den Formen, bei welchen gleichzeitig die nichtkeimenden Conidien, wie bei der Sordaria, bestehen, deren Beurtheilung als Conidien in anderen Fällen bestritten, deren Hülfe vielmehr als Spermatien für befruchtungsbedürftige Initialfäden angerufen wird[1]. Ich möchte hier die Frage aufwerfen, ob in der Pflanzenwelt ein Fall bekannt geworden ist, wie er in Sordaria vorliegen würde, wo bei ein und derselben Pflanze die männlichen Organe theils zu Pollinodien reducirt sind, welche allein die Befruchtung vollziehen, theils als Spermatienträger fortbestehen, welche bei diesem Sexualacte als müssige Zuschauer zugegen sind. — Das Pollinodium ist der thatsächlichen Beobachtung entsprechend ein Hüllschlauch und zwar der erste; seine Deutung als Pollinodium ist eine unwillkürliche und damit zugleich behält die von *de Bary* geschaffene Befruchtung bei den Ascomyceten nur den Werth einer blossen Construction.

Die frühe Differenzirung einer hoch entwickelten Frucht in einen fertilen und einen sterilen Theil ist für sich nicht beweisend für eine Sexualität, sie kommt z. B. bei den Fruchtträgern von Mortierella vor (Fig. 3, Taf. V), wo die Annahme einer Sexualität absolut ausgeschlossen ist. Und eine Fusion der ersten Sprosse, auf die *de Bary* Werth gelegt hat, was kann sie beweisen für den supponirten Sexualact? Kommen nicht Fusionen der gleichen Art bei Mycelfäden, in Fruchtkörpern und bei deren erster Anlage vor[2], ohne dass Jemand daran denkt, sie als Sexualact und die fusionirenden Zellen als Sexualzellen zu deuten? Wer mit diesen Fusionen die Copulationen von Sporangien-

---

[1] *Stahl*, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten, Heft I, Leipzig 1877.

[2] *Zopf*, Conidienfrüchte von Fumago. Nova Acta, Vol. XL.

anlagen bei den Zygomyceten und den Oomyceten vergleicht, wird sich leicht ein eigenes Urtheil bilden können, ob diese Vorgänge mit jenen, resp. mit der Fusion zwischen dem sogenannten Pollinodium und Ascogon gleichzustellen sind.

Bei der von *de Bary* aufgestellten Sexualität oder vielmehr dem vermeintlichen Befruchtungsacte bei den Ascomyceten ist ferner hervorgehoben worden, dass die Hülle der Frucht erst durch den Reiz gebildet werde, welchen der Geschlechtsact auf die Umgebung des Ascogons ausübe, das sogenannte Carpospor ist mithin als eine secundäre, auf den Einfluss stattgehabter Befruchtung ursprünglich zurückzuführende Bildung angesehen worden[1]). Diese Deutung schliesst sich den vorerwähnten von Pollinodium und Ascogon als Sexualzellen und der Verbindung oder der Fusionirung beider zu einem Sexualact als ein weiteres natürliches Glied an.

In den verschiedenen Formen der Entwicklung der Ascusfrüchte habe ich vorhin dargelegt, dass vorzugsweise drei Fälle zu unterscheiden sind, nämlich erstens eine bis auf den Anfang der Frucht zurückgreifende Differenzirung, wo einmal der Initialfaden, das Ascogon, zuerst und dann die Hüllschläuche auftreten, das andere Mal die Hüllschläuche zuerst kommen und auf ihnen das Ascogon entspringt; zweitens eine mehr oder minder bis an das Ende verschobene Differenzirung, wo im extremsten Falle die fertilen und sterilen Sprosse erst in den letzten Verzweigungen in dem schon fast fertigen Fruchtkörper unterscheidbar werden.

Von diesen zwei resp. drei Fällen kann überhaupt nur der erste oder die beiden ersten für die Deutung der Hülle im Sinne des ebenbetonten Carpospors in Betracht kommen. — Welche Art der Auslegung nun hier die natürlichere ist, diejenige, wornach das Carpospor durch einen supponirten Sexualact entsteht oder die andere, wonach es mit Rücksicht auf den speciellen Fall der frühen Differenzirung des Ascogons diesem nachfolgt, leuchtet von selbst ein. — Ein Vergleich der umhüllten mit den (scheinbar) nicht umhüllten Ascusfrüchten lehrt, dass bei ersteren das Carpospor nur desshalb greifbar

---

[1]) *de Bary* sieht die ganze Frucht (Cupula) als ein Product der Befruchtung an. Beiträge, III. Reihe, p. 83; *Sachs*, Lehrbuch IV. Auflage p. 287 u. 310.

in die Erscheinung tritt, weil es sich mit der frühen Differenzirung wie eine besondere Bildung abhebt, dass es aber bei letzteren mit dem Aufhören dieser Differenzirung nicht eigentlich in Wegfall, sondern nur so spät zur Erscheinung kommt, dass man glauben möchte, es fehle. Weil eben der Zeitpunkt der Differenzirung ein so später ist, so folgt von selbst, dass es nicht in scharfer Umgrenzung bestimmbar ist, dass also vom Carpospor so wenig die Rede sein kann, wie von einem Ascogon und einem Pollinodium. — Wenn es aber in dem einem Falle nicht möglich ist, überhaupt nur den Beistand des Ascogons und des Pollinodiums für den Ursprung des Carpospors in Anspruch zu nehmen, weil sie nicht existiren, so scheint es mir in dem anderen nahe verwandten und im Principe kaum verschiedenen Falle zum mindesten überflüssig zu sein dies zu thun, und die Auslegung, welche hier den beiden ersten Gliedern der morphologischen Differenzirung eine physiologische Function als Geschlechtszellen überträgt, die durch den Befruchtungsact die Cupula erzeugen, kann einen anderen Werth als den einer blossen Construction nicht beanspruchen. Wie soll denn eine frühe Differenzirung anders stattfinden? Und wie sollen die Erscheinungen andere sein, als sie wirklich sind, wenn die Differenzirung nicht mehr im Anfange, sondern am Ende erfolgt, resp. vom Anfange bis auf das Ende verschoben wird? Wer wird auch nur daran denken, das Carpospor bei den Fruchtträgern von Mortierella auf geschlechtlichen Ursprung zurückzuführen?[1])

Aber wie kann der Werth der verschiedenen Fruchtformen der Ascomyceten bestimmt werden, wenn die Entwicklungsgeschichte und die Function der Sporen nicht entscheidend sind? — Hier müssen die Analogien mit anderen secundären biologischen Daten zu Hülfe genommen werden.

Die Analogie in den Fruchtformen der Ascomyceten mit den Fruchtformen, wie sie bei anderen niederen Pilzclassen vorkommen, spricht für die Wahrscheinlichkeit, dass die keimenden Conidienfructificationen die ungeschlechtliche Fruchtform sind. Die Reihengenerationen dieser Frucht-

[1]) Bei Coleochaete unter den Algen hat es den Anschein, als ob das Carpospor durch den Befruchtungsact entsteht, weil es erst mit der weiteren Entwicklung der Oospore auftritt. Bei der Chara tritt die Differenzirung der Frucht in Eizelle und Hüllschläuche vor der Befruchtung auf; hier hat jedenfalls die Hülle nichts mit dem Sexualacte zu thun. — In Coleochaete haben wir, wie bei vielen Algen, den Fall einer ungleichen Entwicklung der verschiedenen Früchte; nur die weiblichen sind morphologisch höher differenzirt, mit einem Carpospor versehen, welches den ungeschlechtlichen und männlichen fehlt.

formen, welche durch Ascusfrüchte abgelöst werden, stimmen mit den Vorkommnissen bei niederen Fadenpilzen, wo geschlechtliche Früchte neben den ungeschlechtlichen auftreten oder sie ablösen, im Allgemeinen überein. Diese Analogie führt zu der weiteren Deutung, dass die Ascusfrüchte im Vergleich zu den Conidien geschlechtliche Früchte sind.

Freilich ist diese Deutung keine zuverlässige. Unter den Zygomyceten bei den niederen Pilzen sind vereinzelt die ungeschlechtlichen Generationen in zweierlei Sporangien ausgebildet, dann wiederum in verschiedene Sporangien- und Conidienträger gespalten, z. B. bei Choanephora und Mortierella polycephala; bei den Aecidiomyceten unter den höheren Pilzen sind die durch Spaltung wahrscheinlich entstandenen Uredo- und Teleutosporen mit Sporidien sogar zu einem Generationswechsel verbunden. Durch Spaltungen ähnlicher Art können auch die Conidien- und Ascusfruchtformen der Ascomyceten aus der ungeschlechtlichen Generation entstanden gedacht werden. — Dass die Conidien der Ascomyceten aus einer Reduction der Ascensporangien ebenso entstanden sind, wie die Conidien der niederen Pilze, werde ich gleich specieller darlegen. Für ihre Ableitung aus der Ascengeneration, soweit sie ungeschlechtlich ist, lässt sich ebenfalls ohne viel Schwierigkeit ein ausgiebiges Wahrscheinlichkeitsmaterial [1]) zusammenbringen, welches nur durch den unzweifelhaften Nachweis der Sexualität für eine der homologen Ascusfrüchte angreifbar wird. Bis dies geschehen ist, behält daher auch diese Ableitung der Conidien aus der ungeschlechtlichen

---

[1]) Ich verweise hier auf das gemeinsame Vorkommen von Conidien- oder Spermatienträgern mit den Ascen in einer Cupula bei Peziza Sclerotiorum, P. benesueda nach *Tulasne* etc. Eine Annahme, dass die Ausbildung von verschiedenen Fruchtformen mit der Sexualität allein eingetreten sei, ist jedenfalls unrichtig. Die in den Zygomyceten und bei den Aecidiomyceten vorliegenden Fälle erweisen das Auftreten neuer Fruchtformen aus der Differenzirung und Spaltung der ungeschlechtlichen Fructification. Wenn dieser Fall nachweislich einmal eingetreten ist, so kann er vielleicht nur die Wiederholung eines ähnlichen früheren Vorkommnisses sein, und somit würde auch eine Mehrzahl von Früchten sehr verschiedener Formausbildung noch nicht die Nothwendigkeit der Deutung in sich schliessen, dass sie auf eine eingetretene sexuelle Differenzirung zurückzuführen sind. Ein Rudimentärwerden einzelner dieser Fruchtformen durch die bevorzugte Ausbildung anderer bis zu dem Punkte, dass die Keimfähigkeit der Sporen zunächst verschwindet, ehe sie selbst aus dem Entwicklungsgange verschwunden sind, kann auch wohl als eine unnatürliche Erscheinung schwer bezeichnet werden. — In dem angedeuteten Wege der morphologischen Differenzirung und Spaltung würden aus einfachen Fruchtformen verschieden ausgebildete Fructificationsformen mit verschiedenem Werthe entstehen können, wie sie in den Ascus-, den Conidien- und den Spermatienfrüchten der Ascomyceten vorliegen.

Ascusfructification ihre wissenschaftliche Berechtigung, welche ich ihr einräume, indem ich sie der obigen Deutung gegenüberstelle, die ich zunächst weiter zu begründen suchen werde.

Die Deutung der Ascusfrüchte im Sinne geschlechtlicher Früchte wird weiterhin unterstützt von dem Vorkommen nicht keimender Conidienfructificationen, welche wenigstens in der Keimungsunfähigkeit der Conidien einen der Charactere männlicher Sexualzellen tragen.

Leider fehlt für die sichere Beurtheilung die Function, denn sie befruchten weder Initialfäden noch auch die Sporen der Ascusfrüchte; indess der Analogie nach, im Vergleich zu den Spermatien oder Spermatozoiden anderer Thallophyten können sie nicht ohne Wahrscheinlichkeit als die homologen Bildungen dieser angesehen werden[1]).

Die drei Fruchtformen der Ascomyceten würden demnach den Fruchtformen niederer Pilze und anderer Thallophyten homolog so gedeutet werden können, dass die keimenden Conidien der dort vorkommenden ungeschlechtlichen Sporenfructification, die beiden anderen, die Spermatienträger und Früchte und die Ascusfrüchte den geschlechtlichen Früchten, den männlichen und weiblichen entsprechen. Da nun aber bei den untersuchten Ascomyceten die Ascusfrüchte ungeschlechtlich entstehen und ihre Sporen keimfähig sind, so müsste angenommen werden, dass sie den weiblichen Charakter verloren haben und ungeschlechtlich geworden sind, und dass nur in den Spermatien der vermuthete männliche Charakter in ihrer Keimungsunfähigkeit als das Rudiment einstiger Sexualität dieser Pilze oder vielmehr der Geschlechtlichkeit ihrer Fruchtformen sich erhalten hätte[2]).

---

[1]) Das alleinige Vorkommen der Spermatien neben den Ascusfrüchten schliesst eine Annahme, dass sie rudimentäre Conidien sind, nicht aus. Die Existenz von Reihengenerationen keimender Conidien, welche von Ascusfrüchten und Spermogonien abgelöst werden, würde erst die Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme in etwa abschwächen können.

[2]) Die Existenz von Ascusfrüchten, welche noch jetzt weiblich sind und deren Sporen befruchtet werden, ist seither durch keine sichere Beobachtung dargethan worden. Der Umstand, dass die Sporen überall keimen, hat die Untersuchung über die Sexualität bei den Ascomyceten nach dem Anfange der Ascusfrüchte hin verschoben; die inzwischen bei den Florideen erwiesene Befruchtung hat dann dem Schema für eine Deutung im Sinne eines Befruchtungsvorganges bei der Anlage der Frucht eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben.

Zu Gunsten dieser Annahme eines Geschlechtsverlustes bei den Ascomyceten sprechen wiederum eine Reihe analoger Vorkommnisse bei den niederen Fadenpilzen. Bei den Zygomyceten liegen verschiedene Fälle von Azygosporenbildung vor. Bei den Saprolegnieen sind jedenfalls die meisten Oosporen ungeschlechtlich. Unter den Entomophthoreen sind bei den den Oosporen analogen Sporen zweifelhafte Andeutungen eines Befruchtungsactes noch häufig. Bei den meisten Ustilagineen endlich sind aber auch diese kaum nachweisbar. Die Annahme der Parthenogenesis bei der Ascusfructification (und vielleicht auch der Spermatien, wo zwei oder mehrere keimende Conidienformen vorkommen, von welchen etwa zwei durch Spaltung der einen entstanden sein können), würde hiernach nicht bloss vereinzelt dastehen, sie würde nur als ein weiterer und vielleicht als der weitest vorgeschrittene Fall dieser Erscheinung in so weit sich erweisen, als sie bei den sämmtlichen Formen der Ascomyceten eingetreten wäre, die beliebig ohne Auswahl untersucht wurden, und die systematisch gewiss möglichst weit von einander abstehen.

Bei der Frage, ob sie nicht vielleicht bei allen Ascomyceten eingetreten, komme ich zu den Darstellungen, welche *Stahl*[1]) von den Flechten gegeben hat. In den von ihm untersuchten Fällen fand sich als erster Anfang der Ascusfrucht ein gegliederter, in den basalen Theilen schraubig eingerollter Faden vor, der mit seiner Spitze über die Thallusfläche hinausgewachsen ist. Der Beschreibung nach trocknet der Initialfaden bald ganz ein, bald nur in dem längeren oberen Theile, der viele Gliederzellen umfassen kann, während der untere gewundene ascogone Sprosse treibt, und von benachbarten Fadensprossen umhüllt wird. Dort, wo das letztere geschieht, ist eine Aufquellung der Querwände des an der Sprossung nicht betheiligten Theiles des Initialfadens beobachtet worden. Diese Erscheinungen sind in einen ursächlichen Zusammenhang gebracht mit einer Befruchtung durch die hier vorkommenden nichtkeimenden Conidien, also Spermatien, welche sich an der klebrigen, gallertig aufquellenden, aus dem Thallus hervorragenden Spitze des Initialfadens ansetzen und der Zeichnung nach mit ihr copuliren sollen, wobei bemerkt ist, dass dieser letzte kritische Punkt bei der Schwierigkeit, welche das Object für die Beobachtung bietet, nicht sicher entschieden werden konnte. Weiterhin sind im Sinne der Deutung

---

[1]) *Stahl*, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten, I. Heft, Leipzig 1877.

eines Befruchtungsvorganges nach dem Schema der Florideen das regelmässige Vorkommen von Spermogonien bei den Flechten herangezogen, deren Sporen nicht keimen, und die den Initialfäden vorangehen. Experimentelle Versuche, den supponirten Befruchtungsact sicher zu stellen, sind gemacht, aber nicht gelungen, was mit den Schwierigkeiten entschuldigt wird, die hier für die Durchführung von derartigen Versuchen vorliegen.

In der Voraussetzung, dass die Beobachtungen richtige sind — ich habe sie bisher nicht nachuntersuchen können — wird die Möglichkeit der Auslegung der angeführten Erscheinungen im Sinne eines Befruchtungsvorganges wohl Niemand bestreiten; es fragt sich nur, welchen Grad der Wahrscheinlichkeit sie hat. Diese Wahrscheinlichkeit ist in dem Umstande gegeben, dass der Initialfaden wie zum Zwecke der Befruchtung mit seiner Spitze über die Thallusfläche tritt, und darin, dass das nur unten auswachsende Ascogon oben anders vergeht, als wenn es überhaupt nicht auswächst, welches beobachtet worden ist, wenn keine Spermogonien mit Spermatien gefunden wurden.

Ich überlasse es dem Urtheile des Einzelnen, ob und in wie weit er durch dies Beweismaterial befriedigt ist. Es mag sich Jeder in der Erwägung der verschiedenen äusseren Lebensverhältnisse, Trockniss, Feuchtigkeit etc., denen die Flechten in der Natur unterworfen sind, die Frage beantworten, ob denn die beschriebenen Erscheinungen nicht auch anders gedeutet werden können, ob es unnatürlich ist, dass Initialfäden eintrocknen und nicht zur Entwicklung kommen, andere, die unten auswachsen, auch ein anderes und langsameres Vergehen des oberen Theiles zeigen, welches von oben nach unten fortschreitet, weil naturgemäss die Zufuhr an Nahrung nach oben am geringsten ist, wenn diese unten zum Auswachsen des Ascogons verwendet wird.

Ich will die Möglichkeit der Deutungen *Stahls* nicht angreifen, würde mich vielmehr freuen, wenn sie richtige wären; aber für etwas anderes als blosse Deutungen können sie nicht gelten, bis der Beweis für ihre Richtigkeit durch das Experiment beigebracht ist. Leider hört hier die Arbeit auf, wo sie doch erst recht beginnen sollte. Oder ist der Versuch kaum noch nöthig, wie *Stahl* meint, nicht nöthig angesichts der Summe sicher erwiesener Fälle der ungeschlechtlichen Entwicklung der Ascusfrüchte, angesichts der sämmtlichen Ascomyceten, die hier untersucht wurden, die beliebig aus der Classe herausgegriffen sind, und keine Spur von jetzt noch activer Ge-

schlechtlichkeit erkennen lassen? Ich denke die Deutungen erhalten denn doch eine andere Beleuchtung, wenn wir diese Thatsachen bei den Ascomyceten mit berücksichtigen und namentlich in Betracht ziehen, dass neben den ungeschlechtlich entstandenen Ascusfrüchten oder auch vor deren Anlage das Vorkommen von Spermatienträgern ein sehr verbreitetes ist, dass es vielleicht gelingen wird überall die Spermatien zu finden, wenn man die Culturen richtig anstellt, dass sie aber nachweislich dort, wo sie vorkommen, nichts mit der Bildung der Ascusfrüchte zu thun haben. — Sollen die Auslegungen *Stahls* bei den Flechten den jetzt bekannten Thatsachen sich anschliessen, so kann dies erst dann geschehen, wenn das Experiment sie zu Thatsachen erhoben hat. Bestätigt es sie nicht, so schliessen sich die untersuchten Flechten den Fällen früher Differenzirung der Ascusfrucht an; bestätigt es sie, so würde unter den Ascomyceten, soweit die Untersuchungen reichen, nur noch bei den Flechten eine Sexualität erhalten sein, welche anderweitig bis auf Rudimente untergegangen ist, und die Fälle früher Differenzirung des Initialfadens wären diejenigen, bei welcher in diesen parthenogenetisch entwickelten Fäden und in den functionslosen Spermogonien der Untergang der Sexualität noch zu erkennen wäre, welcher in den übrigen Fällen, bis auf die Spermogonien, spurlos geworden ist[1]).

Nachdem wir nun zunächst das Vorkommen der verschiedenen Früchte bei den Formen der Ascomyceten kurz berücksichtigt, und dann den Werth der Fruchtformen zu einander so weit als es möglich ist, bestimmt haben, erübrigt es noch, auf den verschiedenen Bau der Fruchtformen und die abweichende Art der Sporenbildung in Ascen und Conidien näher einzugehen.

Die Ascusfrüchte sind fast überall hoch differenzirte Fruchtkörper. Zu ihnen gehören die meist höchst einfachen fadenförmigen Conidienträger, die aber eine bestimmte morphologische Gliederung zeigen; Combinationen von Conidienträgern zu Lagern und Keulen sind schon nicht häufig, und Conidienfrüchte, hoch differenzirt und mit bestimmter Formausbildung, sind fast seltene Vorkommnisse zu nennen. Die ungleiche Entwicklungshöhe der zusammengehörigen Fruchtformen eines Ascomyceten, der Ascus-

[1]) Eine längere Anmerkung über die Flechten-Untersuchung von *Stahl*, die hierher gehört, ist, um die Uebersichtlichkeit des Textes nicht zu stören, von dieser Stelle an das Ende der Abhandlung versetzt worden.

früchte einerseits und der Conidienfructificationen andererseits trifft besonders bei den grössten Ascomyceten zu; bei ihnen finden sich neben massigen, hochdifferenzirten Ascusfrüchten der Regel nach nur einfache, unscheinbare, fadenförmige Conidien resp. Spermatienträger. Diese grosse Abweichung in der Form wird erst recht gehoben durch die scheinbar total verschiedene Sporenbildung, dort in Ascen, hier in Conidien.

Man möchte nach bloss äusserem Vergleiche glauben, dass man es hier bei den Ascen und Conidien mit Fruchtformen zu thun habe, die gar keine phylogenetischen Beziehungen zu einander haben, und dieser scheinbare Mangel an Analogie hat vielleicht allein dazu beigetragen, dass die Conidien bisher in ihrem Werthe verschieden beurtheilt worden sind, dass man geneigt war, sie eher als Propagationsorgane[1]) von nebensächlichem Werthe aufzufassen und gelegentlichen Ursprunges, denn als den Ascusfrüchten gleichwerthige Fructificationen, welche sich diesen im Sinne des sexuellen Generationswechsels in bestimmter Folge anschliessen.

Um nun hier die richtigen Vergleichspunkte zu finden, ist es zweckmässig, wiederum auf die Verhältnisse bei den niederen Fadenpilzen zurückzugreifen. — Bei den Zygomyceten lassen sich die verschiedenen Fruchtformen von einfachen Trägern zu den differenzirten Früchten z. B. der Mortierella leicht übersehen; es kommen dort Fälle vor, wo die eine Fruchtform ein einfacher Träger ist, die andere die ersten Anzeichen beginnender oder schon weiter entwickelter Differenzirung einer Hüllbildung zeigt, z. B. Rhizopus. Die ungleiche Ausbildung der verschiedenen Früchte zeigt sich hier und ebenso bei Urocystis und bei Entomophthora unter den Oomyceten in den Anfängen; sie ist bei den Ascomyceten, die überhaupt höher differenzirt sind, so weit gediehen und so bestimmt ausgesprochen, dass die grosse Ungleichheit der Früchte ihre Analogien für sich verdeckt, aber nur scheinbar unmöglich macht. Die eine Fruchtform, die Ascusfrucht, hat meistens allein den höheren Gang der Differenzirung eingeschlagen, ist zum verhüllten, oder hoch differenzirten Fruchtkörper geworden; die Conidienfrüchte haben daran nicht, wenigstens häufig nicht, theilgenommen, sie sind stehen und fadenförmige Träger geblieben.

---

[1]) Bei Penicillium im II. Hefte der Schimmelpilze habe ich mich früher ebenfalls in diesem Sinne ausgesprochen.

Ist demnach in der hohen Differenzirung der Ascusfrucht und dem Conidienträger kein Hinderniss für den Vergleich gegeben, so würde es auf eine Parallelstellung des ascenbildenden Trägers mit dem Conidienträger ankommen. Für diese will ich von Penicillium ausgehen, welches unverhüllte fadenförmige Conidienträger und verhüllte Ascusfrüchte hat. — Der Conidienträger von Penicillium bildet auf Seitenzweigen die Conidien in Ketten in basipetaler Folge. Der ascenbildende Träger bildet die Ascen an Seitenzweigen ebenfalls in Ketten in basipetaler Folge. Beide sind die homologen Fruchtträger, deren wesentlichster Unterschied darin besteht, dass im einen Falle die Conidien Ascen sind und die Sporen endogen bilden, dass im andern Falle der Ascus zur Conidie geworden ist. — Bei vielen andern ascogonen Fäden, die ich hierauf untersucht habe, fand ich auch eine basipetale Entwicklung, nur bilden sich die Ascen nicht mehr in Ketten, diese treiben vielmehr seitlich zu Schläuchen aus. Natürlich machen sich hier mancherlei Variationen geltend, so wie ja auch nicht alle Conidienträger nach einem Schema gebaut sind, nicht alle Ketten, sondern auch einfache Conidien bilden.

Sind nun Conidie und Ascus homologe Bildungen, so fragt es sich, wie ist der Ascus, wie die Conidie entstanden? ist die Conidie aus dem Ascus, oder der Ascus aus der Conidie gebildet? Für die letztere Annahme fehlt es an jeder Analogie, für die erstere aber sprechen alle Befunde bei den niederen Fadenpilzen. Bei diesen lässt sich in ganz unzweifelhafter Weise der Uebergang der Sporangien zur Conidie als eine Rückbildung verfolgen und zwar sowohl in der ungeschlechtlichen wie in den geschlechtlichen Fruchtformen. Bei den Zygomyceten ist z. B. diese Rückbildung von den Thamnidieen nach den Choanophoreen und den Chaetocladiaceen eingetreten; unter den Oomyceten ist sie z. B. ebenfalls in der ungeschlechtlichen Fructification erfolgt, bei den Peronosporeen in der Gattung Peronospora; bei den Entomophthoreen und den Ustilagineen sind auch die Oogonien zu Oosporen geworden, in Protomyces macrosporus bestehen allein noch, und zwar in der ungeschlechtlichen Fruchtform, die Sporangien fort, die sonst bei allen bekannten Ustilagineen und Entomophthoreen zur Conidie zurückgegangen sind[1]).

---

[1]) Man vergleiche die früheren Ausführungen hierüber in der V. und VI. Abhandlung dieses Heftes. — In dem III. Hefte der Schimmelpilze habe ich bereits nachdrücklich auf diese

Dieselbe Rückbildung nun ist bei den Ascomyceten eingetreten, aber nicht — wenigstens in den untersuchten Fällen nicht — in allen Fruchtformen; nur die als ungeschlechtliche Fructification und als Spermogonien oder Spermatienträger gedeuteten Früchte sind davon betroffen worden, die Ascusfrüchte, die der Analogie nach weiblichen Früchte, sind davon ausgeschlossen geblieben. — Wenn sich darum bei einem Ascomyceten Conidien- und Spermogonienträger neben Ascusfrüchten finden, so ist dies nicht bloss nicht merkwürdig, es entspricht vielmehr nur den Thatsachen bei niederen Fadenpilzen, die man bisher ohne Weiteres natürlich gefunden hat. — Dabei muss aber gleich hinzugefügt werden, dass es ebensowenig auffallend sein kann, wenn sich Ascomyceten finden sollten, wo diese Rückbildung nicht bis zu diesem Punkte gediehen ist, wo sich zwei, vielleicht sogar drei Ascus tragende Fruchtformen vorfinden, d. h. Ascusfrüchte auch in der ungeschlechtlichen und in der männlichen Frucht sich finden. Möglicherweise liegen in den Angaben *Tulasne*'s[1]) schon Fälle dieser Art vor, deren erneute Untersuchung eine dankbare Aufgabe sein würde.

Aus der letzten Ausführung folgt von selbst, wie gefährlich es sein würde, die sämmtlichen Ascusfrüchte als gleichwerthige über einen Kamm zu scheeren und sie alle ohne Weiteres als weibliche anzusehen. — Aber wie sieht es in solchen Fällen mit ihrer Werthbestimmung aus? — Sie ist fast unmöglich, wenn die Sexualität erloschen ist. Analogien und Fruchtfolge bleiben allein zur Entscheidung übrig. Wenden wir sie nur auf die einfacheren Fälle an, wo der Ascus in einer Fruchtform erhalten ist, so hat die Entscheidung schon Schwierigkeiten genug. In all den Fällen, wo die Ascusfrüchte im Generationswechsel zu den Conidien stehen, würde es sich rechtfertigen lassen, sie als gleichwerthige und zwar als früher weibliche Früchte zu deuten; dort aber, wo die Conidien fehlen, wird die Sache willkürlich; hier ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die allein existirenden Ascusfrüchte, wenn die Sexualität fehlt, den ungeschlechtlichen und nicht den weiblichen Früchten entsprechen, und in solchen Fällen kann

---

Rückbildungen der Sporangien zu Conidien hingewiesen, und es als wahrscheinlich hingestellt, dass die Conidien der höheren Pilze überhaupt nichts anderes als rückgebildete Sporangien seien.

[1]) Bei Calosphaeria biformis Tul. und Cryptospora suffusa Tul. gibt *Tulasne* beispielsweise zweierlei Perithecien an, welche Ascen mit vielen kleinen und mit wenigen grossen Sporen führen (Fungorum Carpologia).

nur die Uebereinstimmung in der Formausbildung mit anderen Ascusfrüchten, deren Werth sich sicherer bestimmen lässt, einen, wenn auch nicht zuverlässigen, Anhaltspunkt geben.

Bei den Formen der Ascomyceten, die man als Erysipheen, Pyreno- und Discomyceten zusammengefasst hat, ist, falls auch in keinem Falle die Sexualität sich sicher erweisen lässt, auf Grund der früher betonten Analogien nicht ohne Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die als Apo- oder Perithecien bezeichneten Früchte analoge sind und den Werth von weiblichen Früchten besessen haben. Bei Exoascus aber und bei Taphrina und ähnlichen Formen, von welchen vorläufig nichts wie Ascusträger bekannt sind, die ungeschlechtlich entstehen und geschlechtslos sind, scheint es bei dem vorläufigen Mangel an Vergleichspunkten wohl ebenso wahrscheinlich, dass hier die ungeschlechtliche Fruchtform vorliegt, dass somit der Ascus in der ungeschlechtlichen Fruchtform erhalten ist; doch müssen hierüber, wenn es überhaupt möglich ist, weitere Untersuchungen endgültig entscheiden.

Gehen wir jetzt, nun wir den Werth und die Formausbildung der Fruchtformen der Ascomyceten erwogen haben, auf das vorher nur kurz betonte verschiedene Vorkommen der Fruchtformen zurück, so würden sich bei keinem der hier untersuchten Pilze alle drei Fruchtformen in dem Entwicklungsgange vorfinden. Diese würden hiernach als mehr oder minder unvollständige, oder vielleicht auch in ihren Fruchtformen lückenhaft gewordene Ascomyceten anzusehen sein, je nachdem von den drei (oder noch mehreren durch Spaltung entstandenen) Fruchtformen nur mehr zwei, ja gar nur eine zur Ausbildung kommt, also entweder nur Ascusfrüchte mit Conidien, oder Ascusfrüchte mit Spermogonien, oder Ascusfrüchte allein, oder Conidien allein vorkommen.

Die Existenz von Ascomyceten, welche noch jetzt in ihren Fruchtformen vollständig sind, wird von älteren Autoren angegeben, namentlich von *Tulasne*[1]), ferner von *Nitschke*[2]) und von *Fuckel*[3]). Die Angaben stützen sich aber nicht auf entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen im Wege

---

[1]) *Tulasne*, Selecta Fungorum Carpologia I—III.
[2]) *Nitzschke*, Pyrenomycetes Germanici, I u. II.
[3]) *Fuckel*, Symbolae mycologicae. 1869 (nebst Nachträgen).

der Cultur, sondern nur auf Präparationsbefunde oder gar nur auf gemeinsames Vorkommen, welche beide nicht beweisend sind[1]).

Während nun bei den lückenhaften Formen die Zugehörigkeit zu den Ascomyceten, so lange die Ascusfrüchte, welche den Charakter der Classe abgeben, noch auftreten, leicht entschieden werden kann, wird die Sache unsicher, wenn nichts anderes mehr zur Ausbildung kommt, als die Conidienträger, Lager oder Früchte. Diese können ebensogut anderen Classen der Pilze angehören, sowohl den verschiedenen Typen der niederen wie der höheren Fadenpilze, wo überall Conidien vorkommen.

Zur Entscheidung der Frage, ob eine Conidienform den niederen oder den höheren Pilzen angehört, sind die vegetativen Zustände mit zu Rathe zu ziehen, da der Regel nach die niederen Pilze unseptirte oder wenig septirte, die höheren hingegen reich septirte und meist viel feinere dünnere Mycelfäden haben. Dass aber auch dieses Hülfsmittel nicht sicher entscheidet, das lehren die Entomophthoreen, welche gegliederte Mycelien haben, Conidienlager besitzen wie die Basidiomyceten und doch den niederen Pilzen angehören. Ist es nun schon schwierig, die Entscheidung im weiteren Sinne zu treffen, überhaupt nur zwischen niederen und höheren Fadenpilzen zu unterscheiden, so ist es noch schwieriger im Engeren zu bestimmen, welcher Formenreihe die Conidienform angehört. Dies gilt namentlich für die höheren Pilze.

Ehe wir nun diesen Punkt an einer andern Stelle in der folgenden Abhandlung näher berücksichtigen, müssen wir hier zunächst den Charakter der Ascomyceten zu fixiren suchen.

Wodurch sind die Ascomyceten charakterisirt? — Offenbar durch die Ascusfrüchte. Und worin liegt der Charakter der Ascusfrucht? — Offenbar nicht in der Fruchthülle, diese kommt vielfach anderweit vor; wohl aber in der Fructification in Ascen. — Worin liegt nun aber der Charakter der Ascen? —

Ich habe mich vergeblich bemüht, den Charakter der Ascen zu bestimmen. Die früher angenommene freie Zellbildung im Ascus existirt so wenig, wie die im Embryosack der Phanerogamen. Die Vorgänge zur Sporenbildung durch Theilung sind keine anderen, wie diejenigen, welche in Sporangien überhaupt

[1]) Bei Peziza Fuckeliana, die ich in der vorhergehenden Abhandlung angeführt habe, sind ebenfalls drei Fruchtformen angegeben, die aber noch des Beweises bedürftig sind.

vorkommen. Ich habe schon vor sechs Jahren meine Ansichten hierüber in diesem Sinne entwickelt[1]) und vor zehn Jahren *de Bary* mündlich gesagt, dass zwischen den Zellbildungsvorgängen in Sporangien und in Ascen keine wesentlichen Unterschiede bestünden. Sobald wir nur die Untersuchungen weit genug ausdehnen, finden wir in Sporangien und in Ascen ganz dieselben Vorkommnisse.

Wir treffen hier wie dort die Abscheidung von gallertartiger, aufquellender, kleberiger und wasserentziehender Zwischensubstanz an, welche für die Bildung der Sporen nicht in Verwendung kommt, aber für ihre Entleerung und Verbreitung Dienste leistet, und welche früher den Charakter der freien Zellbildung zum Unterschiede von der simultanen Theilung wesentlich bestimmte; (vielleicht finden sich auch noch Fälle bei Ascen vor, wo diese Zwischensubstanz wie bei den Sporangien der Myxomyceten membranartig erhärtet[2]). Wir haben weiterhin Fälle, sowohl bei Ascen wie bei Sporangien, wo diese Zwischensubstanz nicht auftritt, Fälle, welche den anderweit bekannten Vorgängen der sogenannten simultanen Theilung sich anschliessen würden. Wir treffen endlich eine Uebereinstimmung in den verschiedenen Structurformen der Membranen von Sporangien und Ascen an, welche bald ganz, bald theilweise zerfliessen, bald mit einem Deckel sich öffnen etc., Verschiedenheiten in der Ausbildung, welche wiederum im einzelnen Falle mit den vorhin angeführten Variationen in der Sporenbildung und Entleerung im engen Zusammenhange stehen. —

Früher, wo man nur einige wenige Ascen und noch weniger Sporangien und selbst diese nicht genau untersucht hatte, war es freilich möglich, indem man die einzelnen untersuchten Fälle gegen einander stellte, in diesen Unterschiede, wenn auch nur schlecht begründete, zu finden zwischen den Ascen einerseits und den Sporangien anderseits. Jetzt sind diese Unterschiede hinfällig und damit hat der Ascus seinen Charakter verloren, er kann für nichts anderes mehr gelten als für ein Sporangium.

Steckt nun der Charakter der Ascomyceten in dem Ascus und ist der Ascus nichts wie ein Sporangium, so fragt es sich, wo denn jetzt noch der Charakter der Ascomyceten stecken soll, wenn er im Ascus, welcher der Classe den Namen

---

[1]) l. c. meines Vortrages »über copulirende Pilze« bei den naturf. Freunden in Berlin Juli 1875.

[2]) In der IV. Abhandlung dieses Heftes über Pilobolus habe ich bereits diesen Punkt kurz berührt.

gegeben hat, nicht mehr steckt? Diese Frage mag der Gründer der Ascomyceten[1]) beantworten. Jede unbefangene Beurtheilung muss zu der Ueberzeugung führen, dass die Classe, dem Ascus nach, für nichts anderes gelten kann, wie für eine künstliche Abgrenzung von Formen; der noch nicht erwiesene, und wenn erwiesen, jedenfalls vereinzelt dastehende Befruchtungsvorgang bei den Collemaceen würde einen, vorläufig zweifelhaften Charakter abgeben.

Die Ascomyceten standen bisher »als typische Ascen besitzende Formen« ohne Verbindung nach unten zu den niederen und nach oben zu den weiteren höheren Fadenpilzen da. Jetzt aber liegt die Sache anders. Nun es unbestreitbar richtig ist, dass der Ascus für nichts anderes gelten kann als für ein Sporangium, nun es weiter klar liegt, dass die Conidienfructificationen rückgebildete Ascen resp. Sporangien sind, nun es endlich einleuchten muss, welcher Werth auf höhere Differenzirung der Früchte, auf Hüllbildung, Carpospor etc. zu legen ist, — nun ist eine Verbindung der Ascomyceten nach unten zu den niederen Phycomyceten und nach oben zu den noch höher entwickelten Aecidio- und Basidiomyceten so klar als möglich hergestellt.

In dem Ascus, in dem Sporangium, liegt das verbindende Moment nach den niederen Fadenpilzen, in den Conidien, in den rückgebildeten Sporangien ist der natürliche Anschluss an die höheren Pilze gegeben.

Das Sporangium zieht sich wie ein rother Faden durch das ganze System der Pilze. Bei den niederen Pilzen ist es noch vorherrschend, Rückbildungen zu Conidien kommen anfangs nur vereinzelt vor, sie mehren sich bei den Ustilagineen und den Entomophthoreen, bei den Ascomyceten besteht das Sporangium meist nur noch in einer Fruchtform fort, bei den Aecidio- und Basidiomyceten ist es endlich gänzlich zu Gunsten der Conidie erloschen.

Diese Rückbildungen des Sporangiums zur Conidie bezeichnen gleichsam den besonderen Weg der morphologischen Differenzirung, welchen die Formausbildung nach der Richtung der Pilze und wie ich glauben möchte, als Landpflanzen, genommen hat[2]). In dem Spo-

[1]) Die Ascomyceten sind von *de Bary* gegründet worden. — Wenn auch der Name nicht mehr zutreffend ist, scheint es mir doch aus Zweckmässigkeitsgründen gerechtfertigt zu sein, ihn jetzt, wo es sich so zu sagen schon eingebürgert hat, nicht mehr zu ändern.

[2]) Unter den Algen ist z. B. bei den Florideen eine Bildung der Conidie aus den Sporangien nahezu eingetreten.

rangium dürfen wir ein Erbtheil sehen, welches bei den Pilzen noch von ihren dereinstigen Stammpflanzen erhalten geblieben ist. Bei den Formen, wo die Sporangien zur Zeit noch bestehen, haben sich die besonderen Formausbildungen und Eigenthümlichkeiten in dem Bau der Sporangien entwickelt, die vorhin für die Zwecke der Sporenentleerung und Verbreitung, entsprechend den Lebensverhältnissen der Pilze auf dem Lande, hervorgehoben wurden, und die in ihrer Mannigfaltigkeit, namentlich in dem Vorgange der Sporenbildung, so lange eine Klippe gewesen sind, an welcher die (jetzt gewonnene) Einsicht in die Zellbildungs- und Theilungsvorgänge scheitern musste.

Sind die besprochenen Auslegungen richtige, so ist die Frage über die genetischen Beziehungen der Pilze zu den Algen mit ihnen, soweit es möglich ist, zugleich entschieden.

Die hypothetischen Stammpflanzen, aus welchen die Pilze ihren Ursprung genommen haben mögen, können kaum andere als Algen gewesen sein, und für einen Anschluss der Pilze an die Algen können keine anderen Formen unter den Pilzen als die Sporangien tragenden in Betracht kommen.

Unter den jetzt lebenden Algen findet sich bei den Oosporeen eine Uebereinstimmung in der Form mit manchen Oomyceten der Pilze, die hier einen Anschluss gestatten würde. Ob sich nun von hier aus die typischen Pilzformen für sich entwickelt haben, mag der subjectiven Ansicht überlassen bleiben. Jedenfalls sind die übrigen Sporangien tragenden Pilze schon stark entwickelte Landpflanzen, für welche sich natürliche Verbindungen unter den Formen der jetzt lebenden Algen nicht finden; für alle Conidien tragenden Formen, die keine Sporangien mehr besitzen, versteht es sich von selbst, dass sie nicht mit Algenformen, höchstens mit den Florideen, verbunden werden können[1]).

---

[1]) Anmerkung, welche von Seite 9 hierher an das Ende dieser Abhandlung gesetzt ist. — Während ich zur Zeit der Redaction meiner Arbeit über Penicillium (II. Heft) noch die Ansichten *de Bary*'s über die Sexualität der Ascomyceten, d. h. über den Befruchtungsact zwischen Ascogon und Pollinodium getheilt habe, allerdings bereits mit ganz bestimmten Zweifeln, überzeugten mich alle meine weiteren Beobachtungen bei Ascomyceten von der Unhaltbarkeit dieser Deutungen. Ich habe daher schon in meiner vorläufigen »Mittheilung über die Basidiomyceten (Bot. Zeitung No. 4. 1875) meine Stellung zu den Ansichten *de Bary*'s kurz bezeichnet und betont, dass die einfache und natürliche Auslegung der Erscheinungen bei der Anlage der Ascusfrüchte auf eine frühe Differenzirung hinausgehe, die sogar nur ein vereinzeltes Vorkommniss sei. Die thatsächlichen Be-

lege für meine damalige kurze Notiz habe ich jetzt erst beibringen können, da sich ihre Mittheilung wider meinen Willen um mehrere Jahre hinausgeschoben hat. Die einzige Aenderung, welche inzwischen in meiner Auffassung eingetreten ist, geht dahin, dass es mir ebenso wahrscheinlich scheint, die nicht keimenden Conidienfructificationen als einstige männliche, denn als rudimentäre ungeschlechtliche Früchte zu deuten, wofür ich sie auf Grund vollkommener Formübereinstimmung mit diesen bis dahin angesehen hatte. — Betreffs meiner Ansicht über die Sexualität der Ascomyceten, welche mit den Deutungen *de Bary*'s über den Befruchtungsvorgang bei der Anlage der Ascusfrucht nichts zu thun hat, habe ich mich dann, anschliessend an die »vorläufige Mittheilung über die Entomophthoreen und ihre Verwandten« in der Bot. Zeitung 1877, p. 370—73 dahin geäussert, dass ich eine Sexualität annähme, aber so, dass sie existirt habe und verschwunden sei bis auf die Vorkommnisse, welche die Möglichkeit ihrer derzeitigen Fortdauer nicht ausschliessen, wobei ich bereits auf die analogen Fälle bei niederen Pilzen hingewiesen habe. — Was ich jetzt über die Sexualität der Ascomyceten mitgetheilt, ist nichts anderes wie die weitere Ausführung dessen, was ich dort kurz ausgesagt habe.

Nun findet sich in dem ersten Flechten-Hefte von *Stahl* die Angabe: »Auch *Brefeld* hat sich gegen die Sexualität der Ascomyceten ausgesprochen«. Ich muss gegen die Richtigkeit dieser Angabe auf das Bestimmteste protestiren. Wo habe ich mich in diesem Sinne ausgesprochen? — Ich habe gesagt, dass ich den Befruchtungsvorgang *de Bary*'s für eine künstliche Deutung halte, und habe eine natürliche, den Thatsachen entsprechende dieser gegenüber gestellt und dann bemerkt, dass das, was ich bisher bei Ascomyceten gesehen, gegen die Sexualität spräche. Den Nachweis, dass meine Aussage eine richtige ist, habe ich hier gegeben. Aber habe ich mich in dem, dass ich den Befruchtungsvorgang, resp. die Sexualität der Ascomyceten nicht annehme, die *de Bary* construirt hat, gegen die Sexualität der Ascomyceten überhaupt ausgesprochen? habe ich in dem, dass ich anführe, meine thatsächlichen Beobachtungen sprächen gegen die Sexualität, etwas anderes ausgesagt, als dass in den Fällen, die ich untersucht, nichts von einem Befruchtungsvorgange zu sehen ist? Entspricht dies nicht vollkommen der Wahrheit? Den Anschluss zu meiner ersten Ausführung bringt die zweite ebenerwähnte, welche etwa gleichzeitig erschienen ist, wie das Flechtenheft von *Stahl*. Hier habe ich mich auf das unzweideutigste für eine Sexualität ausgesprochen und zwar dahin, dass sie verschwunden sei bis auf Vorkommnisse, welche sich im Sinne eines Befruchtungsactes deuten lassen. Diese meine Angaben, welche den Thatbestand betreffs der Sexualität der Ascomyceten in einem gewiss nicht geringerem Umfange aufklären als *Stahl*'s vorläufig noch nicht erwiesene Deutungen bei einigen von ihm untersuchten Flechten, sind bei seinen obigen Angaben, weil sie gleichzeitig erschienen, noch nicht berücksichtigt worden. Dagegen ist speciell angezogen und in einer besonderen Mittheilung in der Bot. Zeitung vorher behandelt, eine nebensächliche Versuchsreihe über die Umkehrung von Früchten, die ich als der erste gemacht habe, deren es hier zur Sache allerdings nicht bedurft hätte. Diese Versuche sind, ehe es mir selbst zu thun möglich war, sofort von *Stahl* weiter ausgeführt und vom Dr. *Pringsheim*, dem ich sie mitgetheilt hatte; (dem letzteren will ich hier bemerken, dass die Wahrheit der Thatsachen, wie ich sie (Schimmelpilze III. Heft p. 83—87) angab, dass ich ihn bei meiner Mittheilung speciell z. B. auf die Mooskapseln für weitere Versuche dieser Art verwiesen habe, von seinen Ausführungen in den Jahrbüchern 1878 nicht betroffen wird, und dass mich die Ausdrücke und Aeusserungen, deren er sich gegen mich bedient hat, nicht weiter berühren können, wie es der Zorn eines Zeitungsschreibers zu thun vermag). Der Ausgang dieser Versuche mit den Moosfrüchten ist dann in Beziehung auf Sexualität der Ascomyceten von *Stahl* gegen mich verwendet worden (bot. Zeitung 1876). — Ich selbst stehe keinen Augenblick an zu bekennen, dass

die Versuche über die Umkehrung der Früchte, auf die ich zuerst hingewiesen, einen geringeren Werth besitzen, als ich ihn anfänglich ihnen beigelegt habe, und dass sie den Werth einer Frucht als eine ungeschlechtlich entstandene nicht zu erweisen vermögen. Aber ist denn damit etwas für eine Sexualität bewiesen? Wenn das nicht der Fall ist, und es ist nicht so, dann bleibt für die Versuche das morphologische Interesse übrig, welches ihnen gebührt, für die in Frage stehende Sexualität der Ascomyceten sind sie von nebensächlichem Interesse. Und dass ich sie nur in diesem Sinne aufgefasst und angeführt habe, das geht deutlich daraus hervor, dass ich sie nachträglich zu den Ergebnissen der directen Beobachtung angeführt und diese gesperrt habe drucken lassen. (Entw. der Basidiomyceten Bot. Zeit. 1876, p. 56, II. Absatz, 22.)

Was nun die Spermogonienfrage angeht, so habe ich bereits ausgeführt, dass und warum ich meiner früheren Ansicht, wonach ich diese Bildungen für rudimentäre Conidienfructificationen hielt, — eine Ansicht, die in der gleichen Formausbildung mit den Conidien, bei einer überhaupt mangelnden Function gewiss nicht unbegründet ist, — die andere Deutung als männliche Früchte gegenübergestellt habe. *Stahl* führt nun an (l. c. des Flechtenheftes p. 7 u. 8), »dass meine frühere Ansicht bei der oft fabelhaften Masse dieser Fructificationsform kaum haltbar sein dürfte«. — Ist die Ansicht aus diesem Grunde kaum haltbar? Ich bin bereit, dem Herrn *Stahl* an beliebigen, ad hoc herzustellenden Präparaten ad oculos zu demonstriren, wie diese Bildungen in solchen Massen auftreten, dass sie z. B. bei der Peziza tubera zollweite Flächen der Culturen förmlich bedecken, wie sie bei Basidiomyceten, bei welchen sie, ich will das aus meinen weiteren Untersuchungen hier schon bemerken, sehr verbreitet vorkommen, dicke Niederschläge in den Culturen erzeugen — und doch gänzlich functionslos sind. Dieser Einwand beweist wahrlich nichts für die Unhaltbarkeit meiner Ansicht, er beweist vielmehr das Gegentheil von dem, was er beweisen soll, nämlich dass gerade er als Einwand es ist, der als ganz unhaltbar bezeichnet werden muss. Die Thatsache bleibt unbestreitbar, dass diese Bildungen ohne jeden Zweck in ungemessenen Massen, nicht etwa vereinzelt, sondern sehr verbreitet vorkommen. Es sind dies freilich Erscheinungen, die demjenigen nicht zur Ansicht gelangen, der nur einige Flechten untersucht hat und sich dann bei der Enge des untersuchten Materiales zu dem viel zu eng gefassten und darum unrichtigen und unhaltbaren Einwand über die Ascomyceten überhaupt verleiten lässt, wie es *Stahl* gethan hat. Ich füge zur Ergänzung bei, dass die hier erwähnten Bildungen häufig bald nach ihrer Ausbildung schon zerfliessen oder vergehen, dass also von einem weiteren Einwande, dass für ihre Keimung die richtigen Bedingungen nicht hergestellt seien, gar nicht die Rede sein kann.

Zur vergleichenden Morphologie der Pilze.

Aus der vergleichenden Betrachtung der Ascomyceten lassen sich folgende 3 Punkte als die wesentlichsten für die Beurtheilung der Morphologie dieser Pilzclasse hervorheben:

1) Das Eingehen, resp. das Zurücktreten der verschiedenen Fruchtformen.
2) Das Verschwinden der Sexualität entweder aus den Fruchtformen oder mit diesen.
3) Die Rückbildung der Sporangien zu Conidien.

Wiewohl ich schon im Laufe der Darstellung die übrigen, namentlich die niederen Pilze, verschiedentlich zum Vergleiche herangezogen habe, dürfte doch der Versuch nicht überflüssig sein, schliesslich noch die sämmtlichen jetzt lebenden und bekannten Pilzformen der Hyphomyceten (einschliesslich der Myxomyceten) mit besonderer Bezugnahme auf die eben betonten Punkte einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen.

Ich beginne mit den niederen Fadenpilzen, den

Phycomyceten.

I. Classe, die **Zygomyceten.** Sie umfasst die 5 Familien: Mucorineen, Thamnidieen, Choanephoreen, Chaetocladiaceen und Piptocephalideen.

Bei den 3 ersten Familien sind in der ungeschlechtlichen Fruchtform die Sporangien vorherrschend. Die Ausbildung von zweierlei Sporangien an einem Träger kommt bei den Thamnidieen vor, bei den Choanephoreen ist schon die Reduction der einen von diesen zu Conidien zugleich mit einer Spaltung beider auf besondere Träger verbunden. — Bei den Chaetocladiaceen und Piptocephalideen

kommen statt der Sporangien Conidienträger allein vor. — In den geschlechtlichen Fruchtformen gelangen bei allen 5 Familien die Sporangien überhaupt nicht mehr zur Ausbildung, ihre Anlagen copuliren ohne vorherige Bildung von Sporen. — Alle Fruchtformen, ungeschlechtliche und geschlechtliche, sind einfache Träger. Aber schon in Rhizopus macht sich an den ungeschlechtlichen Trägern, und zwar an diesen allein, eine Differenzirung in sterile und fertile Sprosse bemerkbar, welche z. B. bei Mortierella R. zu einer förmlichen Frucht mit Kapsel in beiderlei Fruchtformen fortgeschritten ist.

In dem Auftreten der verschiedenen Fruchtformen sind die ungeschlechtlichen bei allen 5 Familien überwiegend gegen die geschlechtlichen, welche nur vereinzelt regelmässig, meist selten und mehrfach, wie es scheint, gar nicht mehr auftreten, als ob sie untergegangen wären; übrigens eine Voraussetzung, die, wie schon hervorgehoben wurde, ein gelegentliches Wiedererscheinen nicht ausschliessen soll.

Ausser dem Verluste der Sexualität in dem alleinigen Auftreten der ungeschlechtlichen Fruchtform findet sich eine zweite Form des Geschlechtsverlustes dahin vor, dass die sonst copulirenden geschlechtlichen Sporangienanlagen sich ohne Copulation zu Azygosporenfrüchten[1]) ausbilden[2]).

II. Classe, die **Oomyceten.** Hierzu rechne ich: 1) die Chytridiaceen, 2) die Saprolegnieen, 3) die Peronosporeen, 4) die Entomophthoreen, 5) die Ustilagineen.

1) In den Chytridiaceen vermag ich nichts anderes zu erkennen, als Formen mit reducirtem Vegetationskörper. Diese Reduction kann man von Polyphagus durch Obelidium und Rhizidium nach Chytridium und Synchytrium so deutlich als möglich verfolgen, bis in den letzteren der Vegetationskörper gleichsam verschwindet, indem er seiner ganzen Masse nach zum Sporangium wird.

In der ungeschlechtlichen Fruchtform finden sich nur Sporangien und kein Fall, so weit bis jetzt bekannt, einer Reduction von Sporangien zu Conidien vor, die geschlechtlichen Sporangien dagegen sind erloschen und wie es vorläufig scheint, copuliren überall deren Anlagen, die aber, ungleich in Grösse,

---

[1]) In den Azygosporen liegt eine Rückbildung geschlechtlicher Sporangien zu Conidien vor.

[2]) Die Literaturangaben über die Zygomyceten in dem I. Hefte und den Abh. 2—5 des IV. Heftes der Schimmelpilze.

sich schon in etwa als männliche und weibliche unterscheiden lassen; in den Fällen mit vollständig auf Sporangien reducirtem Vegetationskörper copuliren ganze Individuen. In der Copulation der Sporangienanlagen schliessen sich die Chytridiaceen möglichst nahe an die Zygomyceten an, bei welchen diese Anlagen fast gleich, hier hingegen in der Form verschieden sind. — Bei den Synchytrieen dürften die beiden verschmolzenen (?) Individuen ganz zu Sporen werden, bei manchen Chytridieen wird nur eine zur Spore, bei Polyphagus bildet sich diese seitlich an den verschmolzenen Individuen aus, in Ancylistes erscheint sie erst nach der Copulation frei in der weiblichen Sporangienanlage.

Die ungeschlechtlichen Sporangien wiegen in dem Auftreten wohl überall vor (bei Ancylistes wird man sie mit der Sporenkeimung finden); den ungeschlechtlichen Reihengenerationen folgen wahrscheinlich die geschlechtlichen.

Ein Geschlechtsverlust ist nicht erwiesen; es sind aber parthenogenetische Oosporenbildungen bei Chytridium und Synchytrium im Auge zu behalten für fernere Untersuchungen, die hier noch nothwendig sind[1]).

2) Bei den Saprolegnieen, welche sich den Chytridiaceen am nächsten anschliessen[2]), sind in der ungeschlechtlichen Fruchtform die Sporangien wie dort wohl allgemein. In den geschlechtlichen Fruchtformen sind in Monoblepharis die Sporangien ebenfalls erhalten; bei Saprolegnia und Achlya sind die männlichen erloschen oder zu Pollinodien reducirt (vielleicht auch in diesen schon rudimentär geworden), die weiblichen bestehen fort.

Die ungeschlechtlichen Sporangien sind vorherrschend (bei Monoblepharis-Formen wohl nur nicht überall gefunden), die geschlechtlichen treten seltener, meist nach den Reihengenerationen der ersten auf.

Ein Geschlechtsverlust findet sich in dem Eingehen der männlichen Spo-

---

[1]) Die Literatur über die Chytridiaceen findet sich in den beiden Abh. von *Nowakowski*, Zur Kenntniss der Chytridiaceen, Beiträge zur Biologie Bd. II, Heft 1 u. 2; über die Synchytrieen verweise ich auf *Schroeter*, die Pflanzenparasiten aus der Gattung Synchytrium, Beiträge Bd. I, Heft 1. — *Sorokin* hat in Tetrachytrium einen Fall beschrieben, wo die Schwärmsporen copuliren, Bot. Zeitung 1874, No. 20.

[2]) Wenn ich vorhin die Chytridiaceen als Formen mit reducirtem Vegetationskörper bezeichnete, so will ich hier anführen, dass die Formen, aus welchen sie durch diese Reduction hervorgegangen sind, wohl keine anderen als Saprolegnieen gewesen sein dürften. Hiermit ist die nahe Verwandtschaft der Chytridiaceen zu den Saprolegnieen von selbst gegeben; die Abgrenzung beider Familien ist eine künstliche, dürfte aber vorläufig als zweckmässig aufrecht zu erhalten sein.

rangien bei Saprolegnien und Achlyen erwiesen vor, bei welchen eine parthenogenetische Ausbildung der weiblichen resp. der Oosporen erfolgt[1]).

3) Die Peronosporeen stehen wieder den Saprolegnieen sehr nahe. Die ungeschlechtlichen Fruchtformen sind meist Sporangienträger, eine Reduction der Sporangien zu Conidien ist in den Formen der Gattung Peronospora möglichst klar zu verfolgen. In den geschlechtlichen Fruchtformen sind die männlichen Sporangien zu Pollinodien erloschen, in den weiblichen bildet sich meist nur eine Spore aus.

In dem Auftreten sind die ungeschlechtlichen Fruchtformen weitaus vorherrschend, die geschlechtlichen lösen die Reihengenerationen der ersteren ab.

Bei Peronospora infestans treten die geschlechtlichen nicht mehr auf, hier ist ein Geschlechtsverlust in dem Eingehen der geschlechtlichen Früchte wahrscheinlich[2]).

4) Bei den Entomophthoreen[3]), welche von den Peronosporeen ziemlich weit ab-, aber diesen doch näher stehen wie den übrigen Oomyceten, ist in der ungeschlechtlichen Fruchtform die Rückbildung zur Conidie überall eingetreten, so dass für den Vergleich die Sporangien fehlen, aus welchen sie rückgebildet sein können; bei der geschlechtlichen Fructification existirt vielleicht die Andeutung von einem weiblichen Sporangium mit Oospore bei E. radicans.

Die ungeschlechtliche Conidienfructification ist ganz überwiegend, sie tritt in langen Reihengenerationen auf, welche durch die Oosporen abgelöst werden.

Es können möglicherweise Fadenfusionen als Geschlechtsact bei der Annahme gedeutet werden, dass diese fusionirenden Fäden einst die geschlechtlichen Sporangien getragen haben, welche also nicht einmal der Anlage nach zu sehen wären. Diese Deutung zugegeben, steht es fest, dass dieselben Oosporen auch ohne Fadenfusionen sich bilden, also in ihrer parthenogenetischen Ausbildung ein

---

1) Die Literatur über die Saprolegnieen bei *Cornu*, Ann. d. sc. natur. 5. série t. XV, ferner *Pringsheim*, Nachträge zur Morphologie der Saprolegnieen, letzte Abh. in den Jahrbüchern.

2) Die Literatur über die Peronosporeen bei *de Bary*, Recherches sur le développement de quelques champignons parasites Ann. d. sc. nat. 4. série, Vol. XX und *de Bary*, Researches into the nature of the Potato-Fungus, in Journal of the Royal Agricultural Society of England Vol. XII.

3) In der 5. Abhandlung dieses Heftes der Schimmelpilze habe ich die Literatur, so weit sie hier in Betracht kommen kann, bereits angegeben, ebenso für die nächste Familie der Oomyceten, für die Ustilagineen.

Geschlechtsverlust eingetreten ist, der, wenn man die Auslegung der Fadenfusion als Geschlechtsact nicht gelten lässt, als die allgemeine Erscheinung angenommen werden müsste.

5) Die Ustilagineen werden in Entyloma mit den Entomophthoreen eng verbunden. Die Sporangien sind in der ungeschlechtlichen Fruchtform nur allein noch in Protomyces erhalten, in den geschlechtlichen möglicherweise in den zweifelhaften Andeutungen einer Sporangienmembran bei der Gattung Ustilago, anderweit sind die sämmtlichen Fruchtformen zu Conidien reducirt. — In Urocystis finden sich umhüllte Oosporen, eine höher differenzirte Fruchtbildung, welche sich der z. B. von Mortierella R. unter den Zygomyceten anschliesst.

Während nun aber bei fast allen niederen Fadenpilzen die ungeschlechtliche Fruchtform in ihrem Auftreten überwiegt, ist hier bei den Ustilagineen gerade das Gegentheil der Fall, sie ist im Rückgange begriffen. Bei Entyloma bestehen noch freie Conidienlager wie bei den Entomophthoreen, in anderen Fällen treten die Conidienträger nur bei der Oosporenkeimung auf, und bei manchen Ustilago-Arten unterbleibt ihre Bildung auch hier, die Oosporen sind ganz vorherrschend und von kleiner Form, sie verstäuben wie Conidien[1].

Geschlechtsverlust ist eine allgemeine Erscheinung. Bei Urocystis sind Fadenfusionen beobachtet ähnlich denen der Entomophthoreen; wer das Bedürfniss fühlt, mag sie als geschlechtlichen Act deuten. Anderweit fehlen, soweit die Beobachtungen reichen, die männlichen Früchte, und die weiblichen, die zu Oosporen reducirten Oogonien, entstehen parthenogenetisch[2]. Fusionen der nur rudimentär mit der Oosporenkeimung auftretenden Conidien kommen häufig vor, aber nicht als Regel. Ihre Auslegung als Geschlechtsact würde zu der Annahme führen, dass die aus den geschlechtlichen Sporen verschwindende Sexualität in den ungeschlechtlichen neu aufgetreten wäre.

Hiermit schliessen, soweit zur Zeit unsere Kenntniss der Formen reicht,

---

[1] Dieselbe Abnahme in der Grösse, welche wir bei der Reduction ungeschlechtlicher Sporangien zu Conidien allgemein beobachten, macht sich hier in den zu Oosporen reducirten Oogonien, also bei den geschlechtlichen Sporangien geltend, die zu Conidien reducirt worden sind.

[2] Diese Reduction der weiblichen Früchte zur Spore resp. zur Conidie ist derjenigen gleich, welche in den Azygosporen der Zygomyceten vorliegt, nur dass hier beide geschlechtlichen Früchte zu Conidien werden können. Eine analoge Bezeichnung dieser Sporen würde mit dem Ausdruck »Anoosporen« gegeben sein.

die niederen Fadenpilze ab, und wir kommen, einen nahen Uebergang vorläufig vermissend, mit einem weiten Sprunge zu den höheren Fadenpilzen, zu den

Mycomyceten.

Sie umfassen die 3 Classen der Ascomyceten, Aecidiomyceten und Basidiomyceten. Wir beginnen mit der ersten, resp.

III. Classe der Fadenpilze, mit den **Ascomyceten**[1]). Bei den Formen der Ascomyceten ist das Sporangium unter den sämmtlichen höheren Pilzen allein noch erhalten geblieben, wesshalb sie als die erste und niedrigste Classe der höheren Pilze den höchsten Formen der niederen Pilze am ehesten anzuschliessen sind.

Die Rückbildung der Sporangien zu Conidien ist bei der Conidienfructification (incl. den Spermogonien) der Ascomyceten eingetreten, in den Apo- und Perithecien hingegen ist das Fortbestehen der Sporangien Regel und für die Classe charakteristisch. — Eine Spaltung der ungeschlechtlichen Conidien in zwei Formen auf getrennten Trägern ist wahrscheinlich nicht selten, z. B. Pleospora; es können hierdurch mehr als drei Fruchtformen entstehen. — Von besonderer Wichtigkeit nicht bloss für die Ascomyceten, sondern zugleich für die Gesammtmasse der höheren Pilze ist die hier fast als Regel sich zeigende höhere Differenzirung der Fruchtformen zum Fruchtkörper. Sie betrifft nicht alle Fruchtformen, sondern meist nur eine, selten mehrere eines Pilzes, so dass hoch entwickelte Früchte und einfache Träger als verschiedene Fruchtformen zu einem Pilze gehören. Die Differenzirung dieser Fruchtkörper lässt sich, wie bei niederen Pilzen, entwicklungsgeschichtlich zurückverfolgen auf Aussprossungen eines Fadens, die ungleichwerthig sind, theils steril bleiben, theils fertil werden; die ersteren können dann zu einer mehr oder minder geschlossenen Hülle für den oder für die fruchttragenden Sprosse werden. In weiteren Fällen nehmen zwei oder mehrere Fäden mit ihren Aussprossungen an der Fruchtbildung Antheil; auch hier lassen sich die sterilen und die fertilen Sprosse mehrfach schon in den ersten Fadensprossungen unterscheiden. In weniger einfachen, scheinbar höher entwickelten Fällen ist auch diese Unterscheidung nicht mehr möglich, hier sind die Sprosse, die den Fruchtkörper aufbauen, anfangs alle gleich, und sie werden erst in ihren letzten Verzweigungen als fertile und sterile unterscheidbar.

---

[1]) Man vergleiche die beiden vorhergehenden Abhandlungen dieses Heftes mit ihren Literaturangaben.

Von den Fruchtformen können sich die der früheren Unterscheidung nach als Conidien, Spermogonien und Ascusfrüchte bezeichneten Formen zusammen vorfinden. Dieser Fall ist, abgesehen davon, dass er noch nicht als sicher erwiesen gelten kann, jedenfalls nicht häufig. Dagegen sind Vorkommnisse mit unvollständigen Fruchtformen sehr verbreitet und wohl am meisten die mit Conidien und Ascusfrüchten; die letzteren, die Sporangienfrüchte, lösen dann meistens die Reihengenerationen mit ungeschlechtlicher Conidienfructification ab. Dann kommen Fälle häufig vor mit Sporangienfrüchten, begleitet von einfachen Spermatienträgern oder von Spermogonien, welche etwas früher oder mit den Perithecien zugleich auftreten. Endlich finden sich von den verschiedenen Fructificationen nur mehr die Sporangienfrüchte oder die Conidienträger oder Früchte vor. Wo die letzteren allein auftreten, hat es mit der sicheren Beurtheilung der Formen als Ascomyceten ein Ende. Unter ebendiesen Formen zeigen sich aber Vorkommnisse, welche einen Untergang der zugehörigen Sporangienfrüchte noch genugsam deutlich erkennen lassen. Ich erinnere an Aspergillus repens, wo die Perithecien regelmässig kommen, an das verwandte Penicillium, wo sie schon nicht anders mehr auftreten als unter künstlich geschaffenen, möglichst günstigen Culturbedingungen, an den Aspergillus niger, wo die Fruchtkörper, in bestimmter Zeit auftretend, nur bis zu einem bestimmten Punkte der Formausbildung kommen, und an den Asperg. flavus, wo sie schon in primitiven Anlagen stehen bleiben.

Im Punkte des Geschlechtsverlustes würde die Sache folgender Art liegen. — Auf Grund der einen Deutung, welche der Bezeichnung der verschiedenen Früchte zu Grunde liegt, würde dort, wo die Sporangienfrüchte und die Spermogonien (die geschlechtlichen Früchte) fehlen, zugleich mit diesem Ausfalle der Geschlechtsverlust der Formen ein vollständiger sein; dort aber, wo nur Sporangienfrüchte auftreten und nicht die Spur von einem Befruchtungsacte, nicht im Beginn der Frucht, noch auch sonst zu finden ist, dort würde eine parthenogenetische Entwicklung anzunehmen sein. Von den Fällen endlich, wo Spermogonien und Sporangienfrüchte vorkommen, zeigt die Entwicklungsgeschichte einmal, dass die Spermogonien rudimentär, d. h. functionslos sind, und die Sporangienfrüchte ungeschlechtlich entstehen, das andere Mal — bei Flechten mit Thallus — ist eine frühe Differenzirung der Sporangienfrüchte im Sinne einer Sexualität so gedeutet worden, dass die Spermatien den Initialfaden dieser Frucht

befruchten sollen, so wie es bei Florideen beobachtet ist. Falls dieser letztere Fall sich als richtig erweisen sollte, würde bei den Flechten eine Sexualität noch jetzt bestehen, während anderweit der Geschlechtsverlust, soweit die Untersuchungen reichen, als ein allgemeines Vorkommniss bei den Ascomyceten anzunehmen wäre. — Dieser Deutung der Fruchtformen und damit im Zusammenhange des Geschlechtsverlustes bei den Ascomyceten steht die andere gegenüber, wonach die verschiedenen Fruchtformen in Sporangien und in Conidien durch Spaltung entstanden sein können, wie sie früher bei den niederen Pilzen in den Formen der Thamnidieen und Choanephoreen dargelegt wurde; die Conidien, soweit sie nicht keimungsfähig sind, würden rudimentär geworden sein. — Diese letztere Deutung fordert die Annahme, dass die Geschlechtlichkeit mitsammt den geschlechtlichen Früchten untergegangen ist, während sie nach der anderen aus den Früchten verschwunden wäre, die zur Zeit noch fortbestehen.

Von der ersten Classe der höheren Pilze zu der zweiten, von den Ascomyceten zu der

IV. Classe der Fadenpilze, den **Aecidiomyceten**[1]), ist nur ein kleiner Schritt zu machen; er ist danach zu bemessen, dass die Sporangien, welche bei den Ascomyceten noch in einer Fruchtform fortbestehen, hier ganz erloschen sind, auch ohne eine Spur zu hinterlassen, wie wir sie doch bei den Entomophthoreen unter den Phycomyceten in der Andeutung des Oogoniums noch auffinden konnten.

Statt der Ascus- oder Sporangienfrüchte finden wir hier die vielleicht diesen homologen Conidienfrüchte, die Aecidien[2]), vor. Indem wir die beiden Früchte einander gegenüberstellen, haben wir das Maass und die Richtung in der morphologischen Differenzirung von den Ascomyceten zu den Aecidiomyceten.

Alle drei Fruchtformen, die der Analogie nach geschlechtlichen wie die ungeschlechtlichen haben die Reduction zu Conidien erfahren. In der ungeschlechtlichen Fruchtform hat sich häufig, wenn auch wohl nicht überall, eine Spaltung vollzogen in zwei Formen, welche neben dem geschlechtlichen zu einem

---

[1]) Ueber die Morphologie der Aecidiomyceten ist meine Darlegung im III. Hefte der Schimmelpilze p. 181 bis zum Schlusse des Heftes einzusehen, wo sich auch die zugehörigen Literaturangaben finden.

[2]) Es bliebe zu prüfen, ob sich nicht in den Aecidiensporen noch mehrere Zellkerne nachweisen liessen, welche ine Andeutung der in diesen Conidien erloschenen endogenen Sporenbildungen sein können.

besonderen Generationswechsel verbunden sind. Durch den Dauerzustand, welchen die Sporenmutterzelle, aus der sich die eigentliche ungeschlechtliche Conidiengeneration entwickelt, in einzelnen Fällen vorher annimmt, ist scheinbar eine fünfte Conidienfructification entstanden. — Die Fruchtformen sind in der Mehrzahl der Fälle hoch differenzirt und zu Fruchtkörpern vorgeschritten.

Von den verschiedenen Fruchtformen treten bald alle, bald nur die geschlechtlichen, bald die ungeschlechtlichen allein auf. Bei den unvollständigen Formen muss der Werth der Früchte nach den vollständigen bestimmt werden. — Das Vorkommen von weiblichen Früchten allein ist zwar nicht sicher beobachtet, aber wenn wir uns die Möglichkeit des Vorkommens denken, so führt sie zu der Erwägung, dass es Conidienfrüchte mit (einst) geschlechtlichem Werthe geben kann, und dass, wenn die Geschlechtlichkeit verloren ist, Conidienfrüchte nicht ohne Weiteres als ungeschlechtliche angenommen werden können.

Bei einem Ausfalle der geschlechtlichen Früchte ist der Geschlechtsverlust selbstverständlich, im Uebrigen liegen über die Sexualität keine Beobachtungen vor, soweit es die Entwicklungsgeschichte der Aecidien angeht. Ihre einstmalige Existenz ist (der Analogie nach) in den Spermogonien und Aecidienfrüchten fast zweifellos, ob sie aber auch aus diesen Früchten verschwunden ist, wie es bei den meisten Ascomyceten in den Ascusfrüchten anzunehmen ist, bleibt ferneren Untersuchungen zu entscheiden übrig.

Von der Conidienfructification der Ascomyceten und den ungeschlechtlichen Conidien der Aecidiomyceten, die sich, wenn sie allein auftreten, nur noch der Form nach unsicher als Zugehörige der einen oder der anderen Classe abgrenzen lassen, erhebt sich nun eine besondere Formenreihe in grosser Zahl zu einer Höhe und Mannigfaltigkeit der morphologischen Differenzirung, welche alle Asco- und Aecidiomyceten weit hinter sich lässt, es ist dies die

V. Classe der Fadenpilze, der **Basidiomyceten**[1]). Nur in den einfachsten Formen führen ihre Conidienfrüchte hinüber zu den höchstentwickelten Conidienfrüchten der Asco- und Aecidiomyceten. Die in allen Fällen gänzlich ungeschlechtlich entstehenden Conidienfrüchte zeigen niemals auch nur die Andeutung einer frühen Fadendifferenzirung. Sie treten allein auf, sind nur in vielen Fällen begleitet von den unscheinbaren einfachen Conidienträgern der Stäbchenfructification, welche

[1]) Schimmelpilze III. Heft, Basidiomyceten.

in der Formausbildung in einem möglichst grossen Contraste zu den Conidienfrüchten stehen. Die Stäbchen zeigen keine oder einzeln schwache Keimungsfähigkeit, die meist nicht bis zur Bildung fructificirender Mycelien fortschreitet. Ich möchte sie, abweichend von meiner früheren aus den Keimungserscheinungen hergeleiteten Deutung[1], jetzt mit der gleichen Wahrscheinlichkeit als männliche, rudimentär gewordene Früchte auffassen; sie würden dann den Spermatienträgern der Asco- und Aecidiomyceten homolog und zugleich als das einzige Ueberbleibsel der geschlechtlichen Früchte zu deuten sein, mit ihrem Untergange wären somit die letzten Spuren der Sexualität bei den Basidiomyceten erloschen.

Die Basidiomyceten sind eine Formenreihe, welche sich aus Asco- und Aecidiomyceten in der Art herleiten lässt, dass nur die dort ungeschlechtliche Conidienfruchtform, begleitet von rudimentären Spermatienträgern, sich fortentwickelt hat zu einer in dem Gesammtgebiete der Mycologie sonst nicht erreichten Höhe der morphologischen Gliederung. Die Basidiomyceten sind also nichts anderes als hoch differenzirte ungeschlechtliche Conidienfruchtformen der Asco- und Aecidiomyceten, denen die Ascus- und Aecidienfrüchte fehlen. Hieraus folgt, dass die Grenzen der Classen der Asco- und Aecidiomyceten, die sich ja für sich noch bestimmen lassen, wenn das unterscheidende Merkmal der Sporangien und Aecidienfrüchte existirt, nach den Basidiomyceten hin nicht mehr bestimmbar sind. Die Basidiomyceten sind als Classe nur eine künstliche Abgrenzung von Asco- und Aecidiomyceten-Formen, welche dort anfängt, wo die Ascus- und Aecidienfrüchte aufhören. Man hat als typische Basidiomyceten wohl diejenigen Formen zusammengefasst, an welchen sich die typische Basidie ausgebildet findet, was, wie ich gezeigt[2], wohl unabhängig in der Ascus- und Aecidiomyceten-Reihe geschehen sein dürfte. Ich möchte aber auch diese Grenze nicht mehr festhalten; denn genau besehen, tragen schon Conidienträger von unzweifelhaften Ascomyceten Basidien, und sind als Basidiensporenträger für sich höher differenzirt als die der typischen Basidiomyceten. Was ist der Fruchtträger von Aspergillus anderes als eine Basidie mit vielen Sterigmen, welche die Sporen nicht einzeln, sondern in Ketten bilden? Und was ist selbst der Conidienträger von Piptocephalis anderes als ein Basidienträger mit Conidien, welche sich noch zergliedern? Die Grenze in der typischen Basidie ist also auch nicht haltbar.

---

[1]) Schimmelpilze III. Heft, p. 184 u. 185.

[2]) l. c. der Schimmelpilze p. 188—194.

Die Basidiomyceten sind das Ausmündungsgebiet von zwei verschiedenen Formenreihen, die hier zusammenfliessen. Wo man sich nach rückwärts den Uebergang in die zwei Arme der Stammformen denken kann, habe ich früher gezeigt[1]), und füge jetzt ergänzend hinzu, dass ich einen weiteren Uebergang auch in fadenförmigen Basidienträgern, wie ich damals schon andeutete, sicher annehmen möchte. Uebrigens ist die Herstellung wahrscheinlicher Verbindungen zwischen Basidiomyceten und Aecidiomyceten einer- und Ascomyceten andererseits mehr Sache des Tactes für richtige Vergleichspunkte, als ein Gegenstand von Wichtigkeit für weitere Untersuchungen; Wichtigkeit hat der Aufschluss darüber, dass man weiss, wie die Verbindung stattfindet, und wie und wo hier die Vergleichspunkte zu suchen und zu finden sind, und das habe ich bereits im III. Hefte der Schimmelpilze ausführlich dargelegt.

Halten wir nun einen kurzen Rückblick zunächst über die Formen der niederen Fadenpilze, so ergibt sich aus den vergleichenden Momenten in der Rückbildung der Sporangien zu Conidien, in dem Auftreten der Fruchtformen und ihren Beziehungen zur Sexualität das unzweifelhafte Resultat, dass diese verschiedenen Formen der niederen Pilze ziemlich nahe verwandtschaftliche Beziehungen haben, welche es rechtfertigen können, sie als die verschiedenen divergirenden Entwicklungsglieder aus einem vielleicht gemeinsamen Ursprunge anzusehen. — Nach unten herrscht noch fast ausschliesslich das Sporangium vor, Rückbildungen zu Conidien sind vereinzelt; nach oben sind in den Ustilagineen und Entomophthoreen die Conidien schon fast allgemein. — Die Fruchtformen, unten noch fast vollzählig, sind oben lückenhaft geworden und stehen auf dem Punkte der Rückbildung zu einer einzigen. — Endlich ist die Sexualität an dem unteren Ende in geschlechtlichen Fruchtformen und Sexualact unverkennbar und ungeschwächt erhalten, nach dem oberen zu geschwächt, in zweifelhaften Andeutungen allein noch bestehen geblieben, oder mitsammt den Fruchtformen oder nur aus diesen verschwunden. — Eine höhere Differenzirung in der morphologischen Gliederung der Hyphe zu thallösen, bestimmt geformten Bildungen in den vegetativen Zuständen, und als Fruchtkörper von bestimmter Formausbildung in der Fructification ist eine ganz

---

[1]) l. c. der Schimmelpilze p. 197.

vereinzelte Erscheinung bei den niederen Pilzen, z. B. in Mortierella, Urocystis; diese wenigen Formen würden, wenn man den Maassstab für die Entwicklung der Form nach der Höhe der morphologischen Gliederung nehmen wollte, als die höchsten unter den niederen Pilzen anzusehen sein.

Führen wir nun den vergleichenden *Rückblick über die Formen der höheren Fadenpilze* in derselben Art aus wie bei den niederen, so *ergibt* sich ein, wenn nicht gleiches, doch durchaus ähnliches Resultat, nämlich *eine unverkennbare, hier aber viel nähere Verwandtschaft der Formen.* Die Ascomyceten stehen am niedrigsten. Aber schon bei ihnen ist das Sporangium nur noch in einer Fruchtform (wenn nicht ausschliesslich, doch ganz vorwiegend) erhalten, sonst ist die Conidie schon allgemein. Bei den nächst höheren Aecidiomyceten ist das Sporangium auch in dieser erloschen. — Die Fruchtformen sind selten vollzählig, meist lückenhaft geworden, die Bevorzugung einer einzigen in der Formausbildung und der Rückgang der anderen ist nicht zu missdeuten, und diese Entwicklungsrichtung erreicht in den Basidiomyceten den gegenwärtig gewonnenen Höhe- und Endpunkt. Nach oben ist in der Ausbildung *einer* Fruchtform die Sexualität gänzlich erloschen; darauf findet man erst Rudimente geschlechtlicher Fruchtformen, die functionslos geworden sind; dann kommen noch mehrere, vielleicht alle Fruchtformen vor, die bis auf functionslose männliche geschlechtslos sind; endlich bleiben Fälle übrig, in welchen eine möglicherweise noch jetzt bestehende Sexualität ihres wissenschaftlichen Nachweises harrt (Flechten und Aecidiomyceten). — In den vegetativen Zuständen ist eine höhere Differenzirung der Hyphe zum Thallus eine häufige Erscheinung, in den fructificativen Bildungen sind Fruchtkörper wenigstens in einer, und zwar der morphologisch bevorzugten, Fruchtform so allgemein, dass sie fast als Regel gelten können.

Sowohl bei den niederen wie *bei den höheren Fadenpilzen offenbart sich dieselbe Richtung in der morphologischen Differenzirung, dieselbe Art der Rückbildung des Sporangiums zur Conidie, dasselbe Zurücktreten der Fruchtformen zu Gunsten einer einzigen, und mit diesem Eingehen der Fruchtformen der Verlust der Geschlechtlichkeit.* Bei den niederen Pilzen ist der Endpunkt der morphologischen Differenzirung nach der erwähnten Richtung in den Entomophthoreen und in den Ustilagineen gegeben; bei den höheren Pilzen ist er,

ungleich vollkommener entwickelt, in den Basidiomyceten erreicht. Bei den niederen Pilzen lässt sich die Geschlechtlichkeit in den Fruchtformen und in dem Befruchtungsacte zwischen den geschlechtlichen Früchten oder Sporen bei den untersten Formen sicher nachweisen und zwar in einer Reihe von verschiedenen Befruchtungsvorgängen, welche sich mit den Veränderungen ausgebildet haben, die an den geschlechtlichen Fruchtformen eingetreten sind. Bei den am tiefsten stehenden Formen der höheren Pilze ist dies schon nicht mehr möglich; auch dort, wo die wahrscheinlich homologen Fruchtformen geblieben sein dürften, lässt sich die Geschlechtlichkeit dieser Früchte meist gar nicht, oder in wenigen Fällen nur unsicher — wenigstens bis jetzt unsicher — erweisen; ob sie ganz untergegangen oder bei den Flechten in einer den Florideen ähnlichen Form zur Zeit noch besteht, darüber wird uns hoffentlich Herr *Stahl* die unbestreitbaren Belege nicht schuldig bleiben.

Sind nun die niederen Fadenpilze den höheren in dem Sinne verwandt, dass sich die etwa an dem Ausgange der niederen stehenden Formen, die Ustilagineen und die Entomophthoreen den an dem Eingange der höheren stehenden Ascomyceten natürlich anschliessen? Bilden die niederen und die höheren Pilze zusammen eine natürliche Reihe, wie man sie wohl anzunehmen geneigt ist? Gewiss nicht. Bei den niederen Pilzen gibt es keine Reihen, nur divergirende Glieder, bei den höheren Pilzen liesse sich allenfalls eine Reihe annehmen von den Ascomyceten durch die Aecidiomyceten nach den Basidiomyceten.

Das verbindende Moment zwischen den höheren und niederen Fadenpilzen ist in dem Sporangium (Ascus) gegeben; aber was das Sporangium verbindet, das schiebt die Conidie gleichsam wieder auseinander. Die etwa an einem Ende der niederen Pilze stehenden Entomophthoreen und Ustilagineen haben keine Verbindungspunkte zu dem Anfange der höheren Reihe, zu den Ascomyceten, und für die etwa am Eingange der niederen Pilze stehenden Formen, z. B. für die Peronosporeen ist die Verbindung nach den höheren Pilzen von selbst schon nur eine ziemlich weitaussehende, sie kann gewiss weniger in der vermeintlichen Analogie des für Erysiphe construirten Befruchtungsvorganges, als vielmehr, wenn überhaupt, in dem Sporangium gesucht werden.

Aus dem umfassenden Vergleiche der Formen der niederen und der höheren Fadenpilze mit einander lässt sich die interessante

Thatsache herleiten, wie die systematisch wichtigen Charaktere sich im Gange der morphologischen Differenzirung allmählich ausgebildet und an Bedeutung gewonnen haben.

Bei den Peronosporeen, wo das Sporangium im Erlöschen begriffen ist, kann das Merkmal der Rückbildung vom Sporangium zur Conidie kaum für die Begrenzung von Arten verwandt werden. Bei den Zygomyceten lassen sich schon Gattungen, selbst Familien (allerdings nur im engsten Sinne) darnach abgrenzen. Bei den Ustilagineen, bei deren Formen das Sporangium nur allein noch in Protomyces übrig geblieben ist, steht diese Form unter den übrigen Conidien tragenden fast isolirt da, und die Gattung Protomyces irrte, wie ein verlorner Sohn, bei verschiedenen Pilzclassen umher; *de Bary*[1]) hat sie schon einmal, wenn auch weniger aus Mitleid, unter die Ascomyceten versetzt, wo sie allerdings in ihrer Stellung kaum warm geworden ist, als sie abermals versetzt wurde[2]). — Erst bei den höheren Pilzen kommt das Merkmal zur vollen Herrschaft, es wird zum classenbildenden Charakter. Wonach sind die Ascomyceten und Aecidiomyceten anders von einander morphologisch unterscheidbar, als darin, dass bei den Aecidiomyceten die Conidie in allen Fruchtformen herrschend ist, bei den Ascomyceten hingegen das Sporangium noch in einer Fruchtform fortbesteht?

Stellt man die Sporangien tragenden Formen der jetzt lebenden niederen und der höheren Fadenpilze in eine Reihe, so kommt allerdings Protomyces in die unmittelbare Nachbarschaft der Ascen tragenden Frucht; stellt man andererseits die zu Conidien reducirten Formen wiederum in eine Reihe, so würden sich die Entomophthoreen am nächsten an die höheren Pilze anschliessen, wie ich es schon früher hervorgehoben habe; verbindet man endlich die Fruchtformen der niederen und höheren Pilze nach der morphologischen Gliederung der Frucht, so sind die Verbindungen in den einfachen Conidienträgern zwischen beiden Abtheilungen überaus zahlreich, für die höher differenzirten Früchte können unter den niederen Pilzen nur Mortierella, Urocystis und Entomophthora etc. als vereinzelte Ausläufer für den Anschluss an die Fruchtkörper der höheren Pilze vorläufig in Betracht kommen. — Was für eine Systematik herauskommt,

[1]) *de Bary,* Morphologie der Pilze, 1865, Vorwort p. VI.

[2]) *de Bary,* Protomyces microsporus und seine Verwandten, Bot. Zeitung 1874.

wenn man in dieser Art die Ueberbleibsel und die Endpunkte im Gange der morphologischen Differenzirung »zu Reihen« verbinden wollte, bedarf kaum einer weiteren Ausführung.

Für die Gesammtheit der Pilzformen der Hyphomyceten, soweit sie bekannt sind, lassen aber diese Vergleichstellungen die Momente deutlich hervortreten, auf welche es für die vergleichende Morphologie der Pilze besonders ankommt und welche für die richtige Beurtheilung ihrer natürlichen Verwandtschaft zu einander von Bedeutung sind. Wir erhalten gleichsam ein übersichtliches Bild über die Masse der verschiedenen Formen, in welchem sich die möglichen systematischen Verbindungen nach natürlichen Charakteren unschwer übersehen lassen.

Ich vermag in den Pilzformen, die zur Zeit existiren, nichts anderes zu erkennen, als die vereinzelten Ueberreste und Endpunkte aus divergirenden Entwicklungsreihen. Bei den Formen, welche diesen verschiedenen Reihen angehören, zeigen sich an einzelnen Stellen zwar ähnliche und darum auch vergleichbare Formgestaltungen und Formausbildungen, die im Verlaufe der morphologischen Differenzirung erhalten geblieben oder neu eingetreten sein mögen, und die vielleicht wohl einen Schluss zulassen würden auf den einstigen gemeinsamen Ursprung aller Fadenpilze; aber diese Anklänge in der Formausbildung und Gestaltung können gewiss nicht verwendet werden, um die Formen, welche sie zeigen, zu Reihen zu verbinden; eine Ausführung in diesem Sinne müsste zu einem Systeme führen, welches den Principien der natürlichen Systematik möglichst zuwider laufen würde, wie ich vorhin an Beispielen erläutert habe.

Ich will aber den Versuch machen, von einem anderen Vergleichspunkte ausgehend, den Abstand der niederen und der höheren Fadenpilze, der Phycomyceten und der Mycomyceten von einander zu bemessen.

Die neuesten Beobachtungen über Zellbildung und Zelltheilung haben gelehrt, dass die grossen einschlauchigen, bisher als einzellig bezeichneten Formen der Thallophyten nicht eigentlich einzellig, sondern vielzellig sind. Es finden

---

[1]) *Strassburger*, Zellbildung und Zelltheilung I. u. II. Auflage, und *Schmitz*, Untersuchungen über Zellkerne der Thallophyten, niederrh. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn, August 1879, und weitere Mittheilungen desselben Autors aus diesem Jahre.

hier Theilungen von Zellkernen statt, die nicht gleichzeitig von Scheidewandbildung begleitet sind, es unterbleibt die Anlage der Scheidewände, welche sonst vielfach nach jeder Kerntheilung die Zellen abgrenzt, es wächst aber die Zellwand, welche um die Keimspore angelegt ist, für sich weiter. — Diese Thatsache ist von Bedeutung dahin, dass wohl kaum angenommen werden kann, dass diese in Rede stehenden einschlauchigen Pflanzenformen auf solche zurückzuführen sind, die ursprünglich membranlos waren. Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass sie von Formen abstammen, die bereits starre Membranen besassen, dass aber der letzten Theilung, die von Membranabsonderung begleitet war, also der Bildung der Sporen, im Laufe der weiteren Entwicklung eine lange Reihe von Theilungen folgen, welche nicht von Membranabscheidungen begleitet sind, während indess die ursprüngliche Membran der Spore fortwächst. In dem Unterbleiben dieser Membranabsonderungen nun bei den Theilungen der Zellkerne vermag ich wiederum nichts anderes zu erkennen wie eine Rückbildung, und diese Voraussetzung fordert von selbst, dass diese einschlauchigen Formen der Fadenpilze als Rückbildungen aus solchen aufzufassen sind, welche früher Scheidewände besassen.

Dies ist nun eine Auslegung, welche die Annahme völlig ausschliesst, dass die höheren Fadenpilze sich aus den Formen der niederen, wie sie jetzt bestehen, entwickelt haben, welche vielmehr den entgegengesetzten Gang der morphologischen Differenzirung in den Vordergrund stellt, dass die niederen Fadenpilze als Rückbildungen aus Formen anzusehen sind, welche früher Scheidewände besassen und hierin den Formen der höheren[1]) entsprechen. Und solche Formen würden es sein, auf welche die niederen Fadenpilze als divergirende Glieder und die höheren vielleicht als eine Reihe »getrennt« zurückzuführen sind.

In diesem Gange der Rückbildung würden die divergirenden Glieder der Phycomyceten auf ganz verschiedener Stufe stehen; die Zygomyceten und die Peronosporeen und Saprolegnieen unter den Oomyceten tiefer als die Ento-

[1]) Dass der Charakter der Phycomyceten im Gegensatze zu den Mycomyceten bei den Fadenpilzen sich nicht scharf fassen lässt, geht aus der früheren Ausführung genugsam hervor. Weder in den vegetativen Zuständen, noch in der morphologischen Differenzirung der Früchte sind vollständig durchgreifende Unterschiede gegeben. Bei den höheren Pilzen kommen vielkernige Zellen, bei den niederen gegliederte Hyphen vor; bei den niederen finden sich, allerdings einzeln, dieselben Fruchtkörperbildungen vor, wie bei den höheren, und ebenso bei den höheren einfache Fruchtträger, wie sie den niederen vorzugsweise eigen sind.

mophthoreen und die Ustilagineen, aber noch nicht so tief wie die Chytridiaceen, von welchen aus wiederum ein weiter Sprung gemacht werden muss, um die

VI. (oder eigentlich III.) Classe der Pilze, die **Myxomyceten,** zu erreichen, welche in dieser Rückbildung am weitesten fortgeschritten sind und, als der extremste Fall einer bestimmten Form der Rückbildung, gleichsam die Reihe der hier auftretenden Formgestaltungen ergänzen und abschliessen würden.

Bei den Schleimpilzen wird auch die Membran der Sporen, in welchen sie sich an die Formen der niederen Fadenpilze und zwar am nächsten an die Chytridiaceen anschliessen, abgestossen. Nackte, membranlose Zellen, die auch in ihren weiteren Theilungen membranlos bleiben, stellen die Formzustände des vegetativen Lebens dar. Ob die Verschmelzung dieser nackten Zellen, wie sie mit der weiteren Entwicklung erfolgt[1]), gleich den Fusionen der Fäden oder Fadenzellen anderer Pilze als blosse Anastomosenbildung oder aber als ein Sexualact zu deuten ist, wird sich vielleicht zeigen in der Beobachtung, wie sich die Zellkerne der verschmelzenden Amoeben verhalten (soweit eine Verschmelzung der Kerne als ein Beweis für einen Sexualact gelten kann) — genug, auch noch nach dieser Verschmelzung dauert der membranlose Zustand fort, welcher später mit der Bildung des Fruchtkörpers sein Ende erreicht. Nun erst werden die letzten Theilungsproducte durch Membranen geschieden, sogar Substanz abgeschieden, welche ganz zu Membran erhärtet: die Sporangienmembran und das Capillitium (die oft zusammenhängen) und die Stielbildung bei den Fruchtkörpern[2]).

Eine Hinausschiebung der Membranbildung bei den Theilungen der Zellkerne findet sich bei den Pflanzen vorzugsweise dort, wo es sich um die Anlage der Fortpflanzungszellen, um die Bildung der Sporen handelt. Dies dürfte mit den Zielen der Fortpflanzung, mit der Isolirung und Verbreitung der Sporen im natürlichen Zusammenhange stehen. Die Schwärmsporen z. B. schwimmen im Wasser als nackte Zellen nach weit entlegenen Stellen hin, bis sie zur Ruhe kommen; erst dann erfolgt mit ihrer Keimung die Anlage der Membran. Bei Landpflanzen geschieht die Abscheidung der Membran meist früher, häufig bald nach der letzten Theilung für die Sporenbildung; bei den Spermatozoiden und den Eizellen tritt sie

[1]) *Brefeld,* Dictyostelium mucoroides, Abh. der Senkenberger naturf. Gesellschaft, Bd. VII, Tafel I.

[2]) In Dictyostelium mucoroides (l. c.) habe ich die geschlossene Entwicklungsgeschichte eines Schleimpilzes mitgetheilt.

(von parthenogenetischen Bildungen abgesehen) erst nach der Befruchtung an dem Verschmelzungsproducte der beiden Geschlechtszellen ein.

Was nun bei der Bildung der Sporen in den Sporangien fast allgemein geschieht, dass die Abscheidung der Membranen bei den Theilungsvorgängen hinausgeschoben wird, ebendas zeigt sich bei den niederen Pilzen bis zu verschiedenem Grade ausgebildet auch schon an dem Vegetationskörper. Es unterbleibt die Bildung der Querwände theilweise oder ganz, und so entstehen hier statt der gegliederten Mycelien der höheren Pilze grosse, oft vielverzweigte und vielkernige Schlauchsysteme.

Bei den Myxomyceten hat diese Verschiebung der Membranausscheidung mit fortschreitenden Kerntheilungen, die hier zunächst noch mit der Trennung resp. der Individualisirung der Tochterzellen verbunden sind, den bis jetzt bekannten extremsten Punkt erreicht; hier fehlen die Membranen überhaupt während der Dauer des activen[1]) vegetativen Lebens.

Bemerkenswerth ist noch bei den Schleimpilzen die Thatsache, dass auch hier die Bildung der Conidie eingetreten ist, aber nicht als eine Rückbildung aus einem Sporangium, sondern als eine Fortbildung aus diesem. Die im Sporangium gebildeten Theilungsproducte für die Anlage der Sporen bilden bei Ceratium[2]) ein fadenförmiges Sterigma aus und gliedern den gesammten Inhalt der Sporenanlage in einer oberen Anschwellung des Sterigmas als Conidie ab.

Die drei wesentlichsten Momente, welche ich für die vergleichende Betrachtung aller Pilzformen an die Spitze dieser Abhandlung gestellt habe, finden sich, allerdings in weniger bestimmt ausgesprochener Form, schon in dem III. Hefte dieser Schimmelpilze vor und in den vorläufigen Mittheilungen der (früher citirten) Abhandlungen, welche dieses Heft ausmachen.

Die Verbindung zwischen den niederen und den höheren Fadenpilzen, welche in dem Sporangium gegeben ist, habe ich damals noch nicht berührt und nicht

[1]) Die Membranabscheidungen bei der Cysten- und Sclerotienbildung der Dauerzustände, welche während des vegetativen Lebens bei Schleimpilzen auftreten können, ist gewiss der Deutung nicht entgegen, dass die Schleimpilze von Formen abstammen, die Membranen besassen, und dass diese Membranen durch Rückbildung verloren gegangen sind.

[2]) *Woronin* und *Famintzin*, Ceratium porioides und hydnoides, Zwei neue Formen von Schleimpilzen. Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg, VII. Série, Tome XX, No. 3.

erkannt, wohl aber schon mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass die sämmtlichen Conidienformen, namentlich auch der höheren Pilze, für nichts anderes wie Derivate aus Sporangien tragenden Stammformen gelten können. Solche zu Conidien reducirte Formen, welche aber ursprünglich Sporangien trugen und auf Taphrina und Exoascus und von da etwa auf die Blastomyceten zurückführbar sind, nahm ich damals als hypothetische Stammformen für die höheren Pilze an und leitete unabhängig von diesen die niederen Pilze auf die Algen zurück.

Durch meine jetzige Darlegung wird diese frühere Ansicht in einem Punkte wesentlich verschoben. Die niederen wie die höheren Pilze sind auf gemeinsame und zwar Sporangien tragende Stammformen zurückzuführen. Von diesen Formen ist mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass sie Algen oder Algen ähnliche, grüne, vielleicht Wasser bewohnende Pflanzen gewesen sind, bei welchen aber die sexuelle Differenzirung in geschlechtliche und in ungeschlechtliche Fruchtformen schon eingetreten war.

Hiernach ist die weitere Voraussetzung gerechtfertigt, dass die Sexualität ursprünglich bei allen Pilzformen bestanden hat, dass also die jetzt lebenden Formen die Nachkommen von sexuell differenzirten Pflanzen sind, dass aber bei ihnen theils durch das Eingehen der verschiedenen Früchte, theils durch eine veränderte Entwicklung dieser Früchte oder vielmehr ihrer Sporen ein Geschlechtsverlust eingetreten, der hier bei den Pilzen zu einer so verbreiteten Erscheinung geworden ist, wie sie anderweit im Pflanzenreiche kaum vorkommen dürfte.

Von den Fruchtformen sind bald alle (Aecidiomyceten), bald nur zwei (Ascomyceten), bald nur eine oder auch gar keine zu Conidien reducirt (die Phycomyceten).

Das Eingehen der Fruchtformen kann die ungeschlechtlichen Früchte oder die geschlechtlichen allein betreffen, von welchen entweder nur je eine oder beide erloschen sein können.

Diesen drei Formen des Geschlechtsverlustes, wo nur männliche oder nur weibliche Früchte oder keine von beiden fortbestehen, schliessen sich die weiteren Fälle an, wo die Geschechtlichkeit aus den Früchten verschwindet, deren Sporen wieder für sich

entwicklungsfähig, also ungeschlechtlich werden. Für die weiblichen Früchte ist dies sicher nachgewiesen, bei ihnen ist eine parthenogenetische Entwicklung ein nicht seltenes Vorkommniss; für die männlichen Früchte ist es nicht erwiesen und kaum erweisbar.

Wie die Zahl der Fruchtformen durch Eingehen vermindert wird, so kann sie durch weitere Differenzirung und durch Spaltung vermehrt werden. Spaltungen dieser Art kommen bei ungeschlechtlichen Früchten nachweislich vor, z. B. Zygomyceten und Aecidiomyceten, wo mehr als drei Fruchtformen vorhanden sind. — Zu diesen verschiedenen Formen der Fortpflanzung durch Fructification kann nun noch eine vegetative Vermehrung hinzukommen durch Zergliederung von Mycelien und Zerfallen von Sprosscolonien, d. h. von verkürzten Fadensprossen.

Den fortgeschrittenen Fällen in der Ausbildung neuer Fruchtformen und einer vegetativen Vermehrung steht das entgegengesetzte Vorkommniss schroff gegenüber, nämlich das Eingehen aller Fruchtformen.

In solchen Fällen eines totalen Fructificationsverlustes würde für die Erhaltung der Form nur die eben erwähnte vegetative Vermehrung bestehen bleiben. Wir kämen so zu Formen, die nichts besitzen wie Mycelien, die sich zergliedern, oder Sprosscolonien, die zerfallen.

Formen dieser Art würden mit dem Fructificationsverluste ihren Charakter verloren haben und in ihren vegetativen Zuständen allein nicht mehr bestimmbar sein; sie würden aber kaum anders beschaffen sein können, als es unter den jetzt lebenden Pilzen z. B. Oidium lactis, Mycoderma etc. unter den Blastomyceten sind. Diese niederen Pilze können demnach nicht ohne Weiteres als selbständige Formen gedeutet werden: es ist ebenso möglich, dass sie durch Reduction im Wege des Fructifications- und Geschlechtsverlustes aus höher differenzirten Formen entstanden sind. Sowohl bei niederen wie bei höheren Pilzen kommen hefeartige Sprossungen vor und Mycelzergliederungen wie bei Oidium, gleichsam hefeartige oder oidiumartige Zustände des vegetativen Lebens, welche einer Deutung, dass z. B. die Sprosspilze reducirte Fadenpilze oder vielmehr reducirte Fadensprosse der Fadenpilze

sind, die gleiche Wahrscheinlichkeit gibt, wie der umgekehrten Annahme, dass die Fadenpilze höher entwickelte Sprosspilze sind.

Einem natürlichen Systeme der Thallophyten, in welchem man die vollkommenen Formen der jetzt lebenden Pilze aus den einfacheren herleitet, würden nach diesen Ausführungen über den Fructifications- und Geschlechtsverlust nicht unerhebliche Bedenken entgegenstehen. Eben diese Bedenken, nebst anderweiten gewichtigen Gründen, geben der entgegengesetzten Auffassung, dass die niederen Pilze durch Rückbildung aus höheren Formen hervorgegangen sind, zum mindesten die gleiche Berechtigung. Ob dann aber der Weg der Rückbildung, den wir einigermaassen beurtheilen können, dem Gange der früheren fortschreitenden Differenzirung entspricht, darüber sind zahlreiche Zweifel leichter als irgend zureichende Gründe aufzufinden.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Sämmtliche Figuren vom Bacillus subtilis.

Fig. 1. $\frac{250}{1}$. Eine Haut vom B. subtilis von der Oberfläche einer Nährlösung, schwach vergrössert.

Fig. 2. $\frac{300}{1}$. Strangartig verbundene Scheinfäden.

Fig. 3. $\frac{1000}{1}$. Schwärmende Stäbchen *a* einzeln, *b* lose verbunden, *c* mit anhängender Sporenhaut. Die Figuren mit Cilien sind nach dem Eintrocknen und Aufweichen mit Färbemitteln gezeichnet.

Fig. 4. $\frac{1000}{1}$. Vegetirende nicht schwärmende Stäbchen und Scheinfäden; in den letzteren haben die einzelnen Stäbchen je nach den verschiedenen Stadien vor oder nach der Theilung ganz verschiedene Längen.

Fig. 5. $\frac{1000}{1}$. Bildung der Sporen, *a* und *c* in den Stäbchen, *b* in den Scheinfäden. Die Anlage der Spore erscheint als eine dunkle, mitunter etwas erweiterte Stelle in der Mitte oder mehr oder weniger an den Enden des Stäbchens.

Fig. 6. $\frac{650}{1}$. Fortgeschrittene Stadien der Sporenbildung in strangartig verbundenen Scheinfäden; die Sporen erhalten in dem Maasse schärfere Contouren und dunkleres Ansehen, als die Stäbchen heller und matter werden.

Fig. 7. $\frac{1250}{1}$. Scheinfäden aus Bacterien haltigen unreinen Nährlösungen in Sporenbildung begriffen. In den Scheinfäden sind die Grenzen der Stäbchen nicht sicher zu sehen; die Sporenbildung ist eine vereinzelte und dazu möglichst ungleichzeitige in einem Scheinfaden.

Fig. 8. $\frac{1000}{1}$. Auflösung der Stäbchen nach erfolgter Reife der Dauersporen, *a* an einzelnen Stäbchen, *b* an Scheinfäden.

Fig. 9. $\frac{1000}{1}$. Reife Sporen, *b* von der Seite, *c* von oben gesehen, *a* mit noch anhängenden Rudimenten des Stäbchens.

Fig. 10. $\frac{1000}{1}$. *a* Eine Partie Sporen, welche sich als weisser Niederschlag in den Nährlösungen abgesetzt haben. Die Sporen berühren sich nur mit den lichthellen Höfen, vielleicht eine feine Gallerthülle, welche durch den stark lichtbrechenden Kern der Spore zur Erscheinung kommt. b Sporen mit concentrirter Schwefelsäure behandelt; sie erscheinen in der Mitte heller als an den Enden.

Fig. 11. $\frac{1000}{1}$. Keimung der Dauersporen in den verschiedenen Stadien. *a* Sporen vor der Keimung, *b* bei beginnender Keimung; der Kern und der Lichthof der Spore sind verschwunden, die Enden erscheinen dunkler als die Mitte. *c* Die einzelnen Stadien der Auskeimung des Stäbchens bis zur Bildung von kurzen Scheinfäden. *d* Leere Sporenhäute in verschiedenen Ansichten. *e* Eine Spore mit auskeimenden Stäbchen in den durch Drehung möglichen Ansichten.

Fig. 12. $\frac{650}{1}$. Auskeimung einer Spore bis zur Bildung eines langen Scheinfadens ununterbrochen beobachtet und in den einzelnen Stadien nebst Zeitangabe gezeichnet.

Fig. 13. $\frac{650}{1}$. Eine ähnliche Beobachtungsreihe wie in Fig. 12, Reihenfolge nach den Buchstaben und Zeitangaben; in dem ausgekeimten Scheinfaden der letzten Figur sind die Gliederstäbchen entweder kaum oder gar nicht deutlich zu unterscheiden.

Fig. 14—18. $\frac{650}{1}$. Eine vollständige Beobachtungsreihe von der auskeimenden Spore bis zur Wiederbildung der Sporen in den ausgekeimten Scheinfäden resp. zu Fäden verbundenen Stäbchen in allen Stadien der Entwicklung gezeichnet; in 1 die abgestossene Haut der Keimspore. In den Fig. 16—18 ist nur derjenige Theil gezeichnet, an welchem die Sporenhaut liegt. Die Fig. 16 zeigt die beginnende Sporenbildung in allen Stadien; in Fig. 17 sind die Sporen schon fast reif in den noch deutlichen Stäbchen; in Fig. 18 sind die Stäbchen fast abgelöst, die freien Sporen haben den normalen Lichtglanz und den hellen Hof.

Fig. 19. $\frac{350}{1}$. Aehnliche Beobachtungsreihe wie Fig. 12 und 13 mit schwacher Vergrösserung gezeichnet, die allmähliche Ausbildung der zickzackförmig gebrochenen Scheinfäden zeigend, ehe sie sich zu strangartigen Verbindungen vereinigen; in 1 die Sporenhülle.

Tafel II.

Fig. 1—4 von Chaetocladium Fresenianum.

Fig. 1. $\frac{300}{1}$. Sporenkeimungen von Ch. Fresenianum, *a* Exosporium aufgerissen, *b* der ausgetretene Keimling, *c* das abgestossene Exosporium, *d* und *e* ($\frac{200}{1}$) Bildung der Keimschläuche.

Fig. 2. $\frac{80}{1}$. Fructificirendes Zwergmycelium, *a* Keimspore, *b* Mycelium in Nährlösung, *c* Ausläufer des Myceliums in Luft, *d* Fruchtträger, *e* sehr kleiner Fruchtträger, *f* mit einer Conidie an der Spitze.

Fig. 3. $\frac{80}{1}$. Grösseres Mycelium in Nährlösung gezogen, *c* die in die Luft führenden Ausläufer, *d* Mucorfruchtträger von den Ausläufern befallen, *e* Haustorienknäuel von Chaetocladium, von welchen in *f* wieder fructificirende Ranken ausgehen.

Fig. 4. $\frac{150}{1}$. Zygospore (*a*) von Ch. Fres. mit den Trägern (*b*), der Ausläufer von einem Suspensor hat in *d* den Mucorfruchtträger *c* befallen. In der Zeichnung ist der obere Suspensor vom Lithographen unrichtig, dem unteren richtigen ungleich wiedergegeben.

Fig. 5—8 Fruchtträger von Thamnidium chaetocladioides und Th. simplex.

Fig. 5. $\frac{300}{1}$. Ein Fruchtträger von Th. chaetocladioides mit (*b* bis *c*) dem apicalen grossen, bis auf die Columella abgefallenen Sporangium und (*d*) den Sporangiolen tragenden Seitenzweigen, welche erst an den Zweigen III. Grades (*e*) die Sporangiolen (*f*) tragen, während deren Axen steril enden.

Fig. 6. $\frac{300}{1}$. Kleiner Fruchtträger von Th. simplex mit apicalen Sporangien (*c* und *b*) und einfachen Sporangiolenzweigen (*d*).

Fig. 7. $\frac{300}{1}$. Stück eines kleinen Fruchtträgers mit Sporangiolenzweigen, deren Sporangien 12—24 Sporen enthalten.

Fig. 8. $\frac{300}{1}$. Ein kleiner Fruchtträger ohne ein apicales Sporangium.

Fig. 9—12 Fruchtträger von Mucor mucilagineus.

Fig. 9. $\frac{2}{1}$. Fruchtträger von M. mucilagineus, *a* vor und *b* nach der Streckung, mit dem bei der Sporenbildung abgeschiedenen Wasser in Tröpfchen mit Ausnahme des durch Streckung intercalirten Abschnittes dicht bedeckt.

Fig. 10. $\frac{80}{1}$. Fruchtträger (*a*) mit Sporangium (*b*).

Fig. 11. $\frac{300}{1}$. Ein abgerissener Fruchtträger (*a*) mit zusammengesunkener Columella (*b*), die Sporangienmembran (*c*) zerdrückt, die Sporen (*d*) mit der Zwischensubstanz (*f*) austretend. Die Zwischensubstanz nach der Behandlung mit Alkohol und Chlorzinkjod, in *e* die Stellen, wo die Sporen (*d*) ausgefallen sind.

Fig. 12. $\frac{80}{1}$. Ein abgerissener unten umgeschlagener Fruchtträger (*a*) mit der Columella in natürlicher Gestalt, die Sporangienmembran (*c*) mit Krystallen von oxalsaurem Kalke besetzt zerdrückt, aus dem geöffneten Sporangium die Sporen mit der Zwischensubstanz sich schirmartig auf dem Wassertropfen ausbreitend.

Tafel III.

Sämmtliche Figuren von P. oedipus.

Fig. 1. $\frac{30}{1}$. Die Hälfte eines Myceliums mit Fruchtanlagen (Objectträgercultur). *a* Keimspore, *b* Mycelium, *c* Fruchtanlagen als erweiterte Stellen im Mycelium, noch ohne Vegetationspunkt.

Fig. 2. $\frac{60}{1}$. Stück eines Myceliums, stärker vergrössert, mit beginnender Fruchtanlage an der erweiterten Stelle des Fadens.

Fig. 3. $\frac{60}{1}$. Mycelabschnitt (*a*) mit weiter fortgeschrittener Fruchtanlage (*c*). Die kurzen Mycelfäden (*e*) an der Fruchtanlage durch Wände abgeschieden, welche an der Grenze der Anschwellung liegen. In *b* die central gelegene Wand am Hauptfaden innerhalb der Anschwellung, wodurch die Zwiebel an der Basis der Fruchtanlage entsteht; *d* der an der Fruchtanlage auftretende Vegetationspunkt für den Fruchtträger.

Fig. 4. $\frac{60}{1}$. Fruchtanlage (*c*) am Ende eines Myceliums mit austreibendem Fruchtträger (*d*).

Fig. 5. $\frac{60}{1}$. Fruchtanlage (*c*) im Mycelhauptfaden an einer Stelle angelegt, wo ein grosser Seitenarm abgeht.

Fig. 6. $\frac{60}{1}$. Fruchtanlage im centralen Theile des Myceliums angelegt, mit 2 Zwiebeln am jungen Fruchtträger (*d*).

Fig. 7. $\frac{60}{1}$. Fruchtanlage mit dem Fruchtträger (*d*), in *f* das junge Sporangium an der Spitze, in *e* die schon beginnende Anschwellung des Trägers unter dem Sporangium.

Fig. 8. $\frac{60}{1}$. Ein fast vollkommen ausgebildeter Fruchtträger.

Fig. 9. $\frac{60}{1}$. Ein Fruchtträger (*d*) mit reifem Sporangium (*f*). Träger und Sporangium sind mit Wassertröpfchen (*g*) besetzt, welche bei der Bildung der Sporen ausgeschieden wurden.

Fig. 10. $\frac{60}{1}$. Neben einem decapitirten Fruchtträger hat sich eine neue Fruchtanlage (*d*) mit Träger (*e*) gebildet.

Tafel IV.

Die Figuren von den verschiedenen Pilobolus-Arten.

Fig. 11. $\frac{80}{1}$. Verschieden gestaltete Gemmen (*a*) im Verlaufe alter, von der Fructification nicht völlig erschöpfter Mycelfäden (*b*) von P. oedipus.

Fig. 12. $\frac{80}{1}$. Fruchtanlage (*c*) vom P. oedipus im Dauerzustande mit der Zwiebel (*b*) und den kurzen Mycelfäden (*d*). In *e* ($\frac{650}{1}$) die kleinen Sporen eines Parasiten, welcher die Fruchtanlagen befällt und nach völliger Entfärbung mit diesen Sporen ausfüllt.

Fig. 13. $\frac{80}{1}$. Auskeimung einer solchen Fruchtanlage nach Ueberwindung des Dauerzustandes.

Fig. 14. $\frac{30}{1}$. Ein reifer Fruchtträger von P. oedipus vor der Decapitation. *a* Hauptmycelium, *b* Zwiebel, *c* Anschwellung über der Zwiebel, *d* kurze Mycelfäden an der Fruchtanlage, *e* Träger, *f* obere Anschwellung unter dem Sporangium (*g*). *h* ($\frac{300}{1}$) die Sporen von P. oedipus.

Fig. 15. $\frac{30}{1}$. Ein ebensolcher Fruchtträger von P. crystallinus, in *h* ($\frac{300}{1}$) die Sporen.

Fig. 16. $\frac{30}{1}$. Ein reifer Fruchtträger von P. microsporus mit 2 Zwiebeln an der Basis, *h* ($\frac{300}{1}$) die Sporen.

Fig. 17. $\frac{30}{1}$. Ein reifer Fruchtträger von P. roridus; wegen der Länge des Trägers ist ein mittleres Stück weggelassen; *h* ($\frac{300}{1}$) die Sporen.

Fig. 18. $\frac{30}{1}$. Der obere Theil eines Fruchtträgers von P. anomalus, *h* ($\frac{300}{1}$) die Sporen.

Fig. 19. $\frac{80}{1}$. Das obere Stück eines Fruchtträgers von P. microsporus. *a* Die Anschwellung unter dem Sporangium (*b*). Der obere cuticularisirte Theil des Sporangiums ist hier wie auch in den Figuren 14—19 dunkel gehalten; an der Verjüngung nach unten ist die Membran zart und zum Theil zerfliessbar, hier liegt der Quellkörper, welcher eintrocknend die turbanartige Form des Sporangium bedingt.

Fig. 20. $\frac{80}{1}$. Ein ähnlicher Fruchtkörper mit aufgebrochenem Sporangium und schon theilweise entwickeltem Quellkörper, *a* die obere Anschwellung, *b* Sporangium, *c* der sich entwickelnde Quellkörper, *d* Columella, *e* der untere und obere Rand der cuticularisirten Sporangienmembran als kurzer Kragen an der Columella.

Fig. 21. $\frac{80}{1}$. Ein anderer Fruchtträger mit fast völlig entwickeltem Quellkörper.

Fig. 22. $\frac{80}{1}$. Zwei Träger nach dem Abquellen der Sporangien. *d* Columella, *e* Kragen von der Sporangienmembran und der Columella, *f* einige Sporen, welche auf der Spitze der Columella, wo der Quellkörper sehr dünn oder kaum vorhanden ist, sitzen geblieben sind.

Fig. 23. $\frac{80}{1}$. Drei Fruchtträger von P. anomalus in verschiedenen Grössen und in verschiedenen Stadien des Eintrocknens der Sporangien, welche vorzugsweise in der unteren Partie, wo der Quellkörper liegt, einschrumpfen und eingeschrumpft sind.

Fig. 24. $\frac{80}{1}$. Ein Fruchtträger, an welchem der Quellkörper in der Entfaltung begriffen ist, *a* Träger, *b* Sporangium, *c* der sich entfaltende Quellkörper, *d* Columella, *e* Rand der Sporangienmembran an der Columella und am Sporangium.

Fig. 25. $\frac{80}{1}$. Träger mit abgequollenem Sporangium. 1 Das Sporangium von oben gesehen, wo der Quellkragen einen lichten Hof um dasselbe bildet. 2 Das Sporangium mit dem Quellkragen im Profil gesehen.

Fig. 26. $\frac{200}{1}$. Eine Zygospore von P. anomalus mit aufgesprengtem Exosporium, aus welchem das glatte Endospor mit dem grossen Oeltropfen im Inhalt der Zygospore hervortritt.

Fig. 27. $\frac{200}{1}$. Eine Zygospore mit einigen Hyphenaussprossungen an den Trägern.

Fig. 28. $\frac{200}{1}$. Eine auskeimende Zygospore mit aufgerissenem Exosporium, *c* Fruchtträger, *d* Sporangium, *e* Columella, *f* Quellkörper, *g* Sporangienmembran, die in der unteren Hälfte um den Quellkörper nicht cuticularisirt ist, und später wenigstens theilweise zerfliesst. Das Sporangium hat eine fast runde Gestalt, der Quellkörper ist noch nicht durch Eintrocknen geschrumpft.

Tafel V.

Sämmtliche Figuren von Mortierella Rostafinskii.

In den Figuren bedeuten die Buchstaben:

c = Columella.	*gs* = Geschlechtszelle.	*rh* = Rhizoiden.
cp = Carposporium.	*i* = Sporeninhalt.	*s* = Spore.
{ *cpa* = äusseres C.	*m* = Sporenmembran.	*sp* = Sporangium.
{ *cpi* = inneres C.	{ *ma* = äussere M.	*st* = Stolonen.
fr = Fruchtträger.	{ *mi* = innere M.	*tg* = Träger (Suspensor) auf der Tafel *fg*.
g = Gemme.	*ml* = Mycelium.	*zg* = Zygospore.

Fig. 1. $\frac{5}{1}$. Ein Strohhalm mit Fruchtträgern besetzt, an deren Basis das Carpospor angedeutet.

Fig. 2. $\frac{80}{1}$. Ein fructificirendes Zwergmycelium mit zwei kleinen Fruchtträgern.

Fig. 3. $\frac{100}{1}$. Fruchtträgeranlagen an einem Ausläufer; auf den Rhizoidenzweigen sind zwei junge Fruchtträger gebildet.

Fig. 4. $\frac{100}{1}$. Ein kleiner Fruchtträger aus einer Objectträgercultur mit wenigen Rhizoiden; das Sporangium ist bereits entleert.

Fig. 5. $\frac{100}{1}$. Ein noch kleinerer Fruchtträger mit nur zwei Rhizoiden.

Fig. 6. $\frac{100}{1}$. Der basale Theil eines etwas grösseren Fruchtträgers. Bei grösseren Trägern von festem Substrate, wie in Fig. 1, bilden die Rhizoiden eine förmliche Kapsel um den basalen Theil des Trägers.

Fig. 7. $\frac{100}{1}$. Der obere Theil eines Fruchtträgers mit reifem Sporangium.

Fig. 8. $\frac{305}{1}$. Der obere Theil von zwei Fruchtträgern nach Entleerung des Sporangiums, der basale etwas verdickte Theil der Sporangienmembran hängt kragenartig herunter.

Fig. 9. $\frac{300}{1}$. Mycelstücke mit Gemmen.

Fig. 10. $\frac{300}{1}$. Spore eines fremden Pilzes, den ich einmal in einer Cultur von Mortierella gefunden habe.

Fig. 11. $\frac{400}{1}$. Geschlechtsapparat von der Mortierella; die geschlechtlichen Fruchtträger haben sich nach zangenartiger Ausbiegung an der Spitze vereinigt. Von dem Präparat ist ein Theil der Rhizoiden durch Präparation entfernt, ein anderer in der Zeichnung weggelassen.

Fig. 12. $\frac{300}{1}$. Ein weiter fortgeschrittener Copulationsapparat. Von den geschlechtlichen Trägern sind die copulirenden Zellen (Sporangienanlagen) abgeschieden. Das Präparat ist nach der Aufhellung gezeichnet, die Rhizoiden sind nicht wegpräparirt.

Fig. 13. $\frac{300}{1}$. Ein anderes Präparat nach erfolgter Copulation, die Rhizoiden durch Präparation entfernt.

Fig. 14. $\frac{120}{1}$. Eine junge Zygospore mit noch deutlichen Trägern ganz von den Rhizoiden als Carpospor umhüllt. Im optischen Längsschnitt so weit möglich gezeichnet.

Fig. 15. $\frac{120}{1}$. Ein ähnlicher Zustand wie in Fig. 14 in körperlicher Zeichnung.

Tafel VI.

Fig. 16—23 von Mortierella Rostafinskii.

Fig. 16. $\frac{5}{1}$. Wenig vergrösserte reife umkapselte Zygosporen. *a* und *b* einzelne in verschiedener Grösse, *c* ein Paar verwachsene d. h. mit dem Carpospor zusammengewachsene Zygosporen.

Fig. 17. $\frac{80}{1}$. Querschnitt einer Zygospore ohne Inhalt. Das Carpospor aus einer äusseren braunen und einer inneren hellen Schicht bestehend, welche die mit einer ungeschichteten Membran umgebene Zygospore eng umschliesst.

Fig. 18. $\frac{40}{1}$. Eine Zygospore (*b*) von dem Carpospor (*a*) befreit; die Zygospore zerdrückt ohne Inhalt, ihre Membran bei dem Zerdrücken gespalten.

Fig. 19. $\frac{200}{1}$. Stück eines Carpospors stärker vergrössert.

Fig. 20. $\frac{80}{1}$. Eine vom Carpospor befreite Zygospore mit Inhalt, der eine grosse Menge von Fetttröpfchen erkennen lässt.

Fig. 21. $\frac{80}{1}$. Eine andere vom Carpospor befreite Zygospore, deren dicke Membran einen Contour zeigt, an welchem beim Zerdrücken eine Spaltung eintritt, wie in Fig. 18*a*.

Fig. 22. $\frac{15}{1}$. Eine Zygospore, aus deren Carpospor eine Menge von ungeschlechtlichen Fruchtträgern keimen, welche aber nicht aus der Zygospore kommen.

Fig. 23—25 Sporenkeimungen von Mucor dichotomus (Sporodinia grandis).

Fig. 23. $\frac{40}{1}$. Eine Fruchtträgerkeimung aus einer Zygospore.

Fig. 24. $\frac{40}{1}$. Eine Mycelkeimung aus einer Zygospore.

Fig. 25. $\frac{40}{1}$. Fruchtträgerkeimung aus einer abnormalen Zygospore; aus jeder durch eine Einschnürung markirten Hälfte treten Fruchtträger aus.

Tafel VII.

Sämmtliche Figuren von Entomophthora radicans.

Fig. 1. Kohlraupe in natürlicher Grösse, vom Pilze befallen. *a* Eine Raupe von der Ent. radicans getödtet vor der Fructification des Pilzes. Zwischen den Vorderbeinen bei 2 sind Rhizoidenbündel hervorgebrochen, welche die Raupe an das Kohlblatt (3) befestigen. *b* eine Raupe von dem dichten Fruchtlager der Ent. rad. eingehüllt. *c* Dieselbe Raupe nach dem Verblühen des Pilzes; dicke Sporenmassen, welche abgeworfen worden sind, umgeben wallartig den unkenntlichen Raupenrest. *d* Eine Raupe, mit Dauersporen angefüllt, fast schon zur Mumie eingeschrumpft, in 1 die Reste der Rhizoiden.

Fig. 2. $\frac{25}{1}$. Ein dünner Querschnitt von einer Raupe, welche wie in Fig. 1 *b* von dem fructificirenden Pilze ganz eingehüllt ist. Die Masse der Raupe ist bis auf die abgebissenen Kohlblattscheibchen (1) im Darme und auf die Tracheen (3) von dem Pilze (2) verzehrt worden. Die dichten Hyphenmassen, welche den Leib ausfüllen, sind durch die Haut nach aussen hervorgebrochen und bilden dort, die Haare einschliessend, ein fast überall geschlossenes Fruchtlager (5), um welches ein kleiner Wall von Sporen (6), von einem dickeren Schnitte abgeworfen, angedeutet ist.

Fig. 3. $\frac{40}{1}$. Stück eines fructificirenden Pilzes von der Oberfläche einer Raupe. Vereinzelte Fäden (3) wachsen gleich Paraphysen aus dem Fruchtlager hervor (2) und bleiben steril.

Fig. 4. $\frac{300}{1}$. *a* Einige frei präparirte Fruchtträger mit den Sporen. *b* $\frac{650}{1}$ Die Sporen stärker vergrössert. *c* $\frac{300}{1}$ Mycelkeimungen der Sporen; der Inhalt nur in der Spitze der Keimschläuche, die fortwachsen, bis er erschöpft ist. *d* und *e* fructificative Sporenkeimungen mit Secundärsporen, *d* mit zwei Secundärsporen, *e* mit Tertiärsporen.

Fig. 5. $\frac{120}{1}$. Dauersporen bildendes Mycelium aus einer Raupe.

Fig. 6. $\frac{300}{1}$. Eine kleinere Partie stärker vergrössert. Durch häufige Fusionen der Mycelfäden sind diese dicht verknäuelt.

Fig. 7. $\frac{350}{1}$. Kleinere Theile von Dauersporen tragenden Mycelien; die Dauersporen meist an Gabelungs- oder Kreuzungsstellen (*a*—*c*) der Mycelfäden, wo wahrscheinlich Fusionen stattgefunden haben; bei *d* eine Dauerspore frei im Verlaufe eines Fadens.

Fig. 8. $\frac{350}{1}$. Dauersporen tragende Mycelfäden. In dem Maasse als das Protoplasma in die Dauerspore einwandert, bilden sich nach rückwärts Scheidewände aus, welche die leeren Mycelabschnitte abgrenzen.

Fig. 9. $\frac{350}{1}$. Eine Reihe ähnlicher Zustände wie in Fig. 8.

Fig. 10. $\frac{350}{1}$. Von den Mycelfäden abgegliederte Dauersporen in verschiedenen Stadien der Reife. *a* Beginnende Sonderung im Protoplasma, *b* im Inhalte werden

Oeltröpfchen sichtbar, während die Membran an Dicke zunimmt, *c* die Membran in Exo- und Endosporium geschichtet, in *d* das ausgeschiedene Oel oder Fett zu einem grossen Tropfen vereinigt.

Fig. 11. $\frac{300}{1}$. Mehrere reife Dauersporen.

Fig. 12. $\frac{450}{1}$. Dauersporen mit einer Hülle in verschiedenen Stadien der Entwicklung (*a*—*d*), in *e* eine reife Dauerspore mit Membranhülle.

Fig. 13. $\frac{350}{1}$. Ein Paar abnormale Dauersporen, *a* eine längliche Spore, *b* zwei zusammengewachsene Sporen.

Tafel VIII.

Sämmtliche Figuren von Peziza Sclerotiorum.

Fig. 1. natürliche Grösse. Drei keimende Sclerotien, welche mit Fruchtträgern der Peziza dicht bedeckt sind, die Becher zum Theil im ausgebildeten Zustande.

Fig. 2. n. G. Vier Sclerotien, welche nur einzelne Becher tragende Keulen gebildet haben. Die Becher sind bei der vereinzelten Auskeimung grösser als sonst, haben aber in den Figuren ihre volle Ausdehnung noch nicht erreicht. Bei *c* ist der Becher an einer sehr lang ausgewachsenen Keule gebildet, welche bis zur Region des Bechers schwarz und einem Rhizomorphenstrange ähnlich aussieht.

Fig. 3. n. G. Ein kleines Sclerotium mit einer langen Keule, welche eine Anzahl von Zweigen gebildet hat mit Becheranlagen in verschiedenen Stadien der Entwicklung.

Fig. 4. n. G. Die aus den Sclerotien treibenden Keulen haben durch Gabelung je zwei Becher gebildet.

Fig. 5. n. G. Ein grösseres Sclerotium mit vielen schwarzen Strängen besetzt, von welchen 2 und 3 ausgezeichnet sind. In 2 treiben zahlreiche secundäre Stränge aus, an welchen oben die Becherbildung eben beginnt; in 3 findet sich an der Spitze des schwarzen Stranges ein Bündel secundärer Stränge mit Becheranlagen in den verschiedensten Entwicklungsstadien.

Fig. 6. n. G. Aus Sclerotien ausgekeimte Stränge, welche durch Verzweigung zu förmlichen Strangsystemen ausgewachsen sind. Nur in *a* ist das Sclerotium mitgezeichnet, in *b*, *c* und *d* ist es weggelassen. Die Stränge sind schwarz, unter der Erde zu diesen Strangsystemen ausgewachsen. Bei *a*, *c* und d_{2-3} haben an den Strängen vegetative Auskeimungen stattgefunden zu dichten Mycelien (3), welche in 2 neue Sclerotien bilden.

Fig. 7. n. G. Oberirdische Keulenverzweigungen in verschiedenen Formen. An keiner der gelben Spitzen zeigt sich die Anlage eines Bechers, wohl aber Andeutungen neuer Verzweigungen.

Fig. 8. $\frac{20}{1}$. *a* Querschnitt einer Keule, 1 dunklere Rindenzone, 2 gewebartig verbundene hellere Hyphenmassen, 3 die Markhöhle. *b* ($\frac{10}{1}$) Querschnitt an einer Verzweigungsstelle ausgeführt. *c* ($\frac{10}{1}$) Längsansicht einer Keule (1), dieselbe ist decapitirt, aus der Schnittfläche hat sich eine secundäre Keule (2) gebildet, welche viel dünner ist.

Fig. 9. $\frac{25}{1}$. Längsschnitt durch ein auskeimendes Sclerotium. 1 Rindenzone des Sclerotium, 2 Markgewebe, 3 Auskeimungsstellen, welche nicht axil getroffen sind, 4 die axil getroffene auskeimende Keule.

Fig. 10. $\frac{250}{1}$. Structur eines Sclerotium im Querschnitt. 1 Das Markgewebe, welches den Hyphenverlust deutlich erkennen lässt; die Membranen der Hyphenzellen stark verdickt. 2 Die Rindenzone aus einem geschlossenen Gewebe gebildet, die Zellen fast isodiametrisch in der Form, ihre Membranen weniger verdickt, aber dunkel gefärbt.

Tafel IX.

Fig. 11—14 von Peziza Sclerotiorum.

Fig. 11. $\frac{10}{1}$. Ein Mycelium der Peziza (2) aus einem Keulenstückchen (1) in Nährlösung auf dem Objectträger gezogen mit mehreren Sclerotien-Anlagen (3).

Fig. 12. n. G. Stück einer verwachsenen kuchenartigen Sclerotienmasse von einer Massencultur auf Brod, welches mit Pflaumendecoct durchtränkt war.

Fig. 13. $\frac{15}{1}$. Querschnitt eines Topinamburstengels von der Peziza befallen mit einem jungen Sclerotium (b) am Markrande. Das Mycelium wuchert vorzugsweise am Markrande, in den Markhöhlen, in der Rinde und im Phloem. Die am Mark angelegten Sclerotien füllen nach dem Eintrocknen des Stengels die verschrumpfte Markhöhle oft reihenweise aus.

Fig. 14. *a* und *b* $\frac{300}{1}$. *a* Mycelfäden mit zahlreichen Fusionen, *b* rankenartige Mycelsprosse zur Anlage eines Sclerotiums (wie in Fig. 11 [3]), an einer Stelle netzförmige Fadenfusionen.

Fig. 15—19 von Peziza tuberosa.

Fig. 15. $\frac{300}{1}$. Bildung der kleinen schwarzen Mycelknäuel in verschiedenen Stadien der Entwicklung.

Fig. 16. $\frac{300}{1}$. Ein Mycelfaden mit Conidienträgern, welche die Conidien in dichten Massen abgeschnürt haben.

Fig. 17. $\frac{300}{1}$. Conidienträger von den abgeschnürten Sporen befreit, bis auf die letzte, nicht völlig ausgebildete Conidie. *c* $\frac{630}{1}$ die Conidie stärker vergrössert mit einem Fetttröpfchen.

Fig. 18. $\frac{300}{1}$. Stück eines Conidienträgers mit den kettenförmig abgeschnürten Sporen besetzt.

Fig. 19. $\frac{300}{1}$. Mit den Sterigmen abgefallene Conidien, an welchen nicht die Conidien, wohl aber die anhängenden Sterigmen (1) in Nährlösungen zu grossen Sclerotien und Conidien bildenden Mycelien (2) auswachsen.

Tafel X.

Sämmtliche Figuren von Pycnis sclerotivora.

Fig. 1. n. G. Drei Sclerotien von Peziza Sclerotiorum von den Pycniden-Früchten wie mit kleinen Warzen dicht besetzt. *a* ein Sclerotium, welches schon eine

Menge von Keulen getrieben hat, die später untergehen, wenn der Parasit das Sclerotium verzehrt hat und dann sie selbst angreift.

Fig. 2. $\frac{45}{1}$. Querschnitt durch ein mit Pycnidenfäden besetztes Sclerotium; die Früchte 3 und 4 im Sclerotium unter der schwarzen Rinde, 5 und 6 nach Aussen als Warzen hervorgetreten, in 6 ist der Schnitt tangential, er hat die axile Verbindungsstelle mit dem Sclerotium nicht getroffen.

Fig. 3. $\frac{300}{1}$. Querschnitt durch eine Pycnidenfrucht, welche am Rande der centralen Höhlung (3) die Sporen bildet.

Fig. 4. $\frac{300}{1}$. Durch Druck isolirte Zellgruppen aus dem Innern einer Frucht, welche in der Sporenbildung begriffen ist; *b* isolirte, *c* auskeimende Sporen.

Fig. 5. $\frac{300}{1}$. Isolirte reife Sporen von Schleim mit Körnchen eingehüllt.

Fig. 6. $\frac{300}{1}$. Ein Mycelfaden (1), der sich zur Anlage einer Frucht zu erweitern beginnt; die erweiterte Stelle (3) ist schon reich mit Scheidewänden durchsetzt, die so gebildeten Gliederzellen haben viele Hyphensprosse (2) gebildet.

Fig. 7. $\frac{300}{1}$. Ein Mycelfaden mit etwas weiter fortgeschrittener Fruchtanlage.

Fig. 8. $\frac{300}{1}$. Eine Fruchtanlage, in welcher weitere Zelltheilungen nach verschiedenen Richtungen eingetreten sind.

Fig. 9. $\frac{300}{1}$. Ein weiteres Entwicklungsstadium einer Fruchtanlage.

Fig. 10. $\frac{300}{1}$. Zwei Mycelfäden, welche an der verbundenen Stelle je eine Fruchtanlage bilden, welche bald zu einer einheitlichen Frucht verschmelzen.

Fig. 11. $\frac{300}{1}$. Zwei nicht verbundene Mycelfäden, welche an fast correspondirenden Stellen je eine Fruchtanlage gebildet haben, welche mit den Rändern verwachsen. Die Fruchtanlagen haben schon eine rundliche Form und bestehen aus einer soliden Gewebsmasse aus kleinen isodiametrischen Zellen, deren äussere Umrisse auch an der Oberfläche zu erkennen sind.

Fig. 12. $\frac{80}{1}$. Eine reife Pycnide (2) auf dem Objectträger gezogen an einem Mycelfaden (4) entstanden und reich mit haarartig abstehenden Hyphen besetzt; in 3 ist die obere runde Oeffnung mit dem Mundbesatz aus concentrischen Hyphen deutlich zu unterscheiden.



Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Taf I.

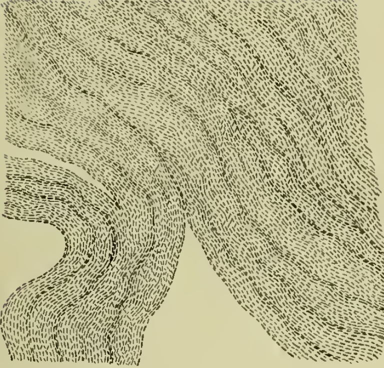
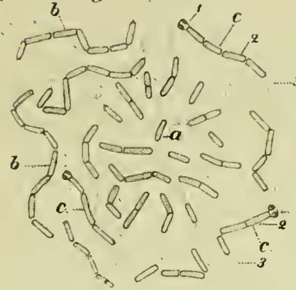
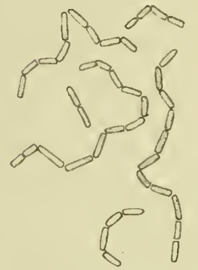
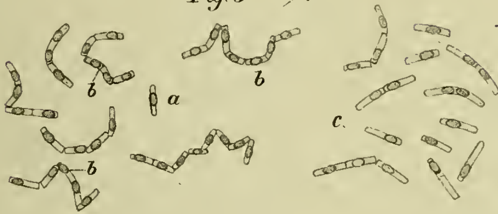
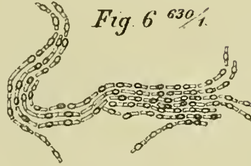

Fig 1 250/1

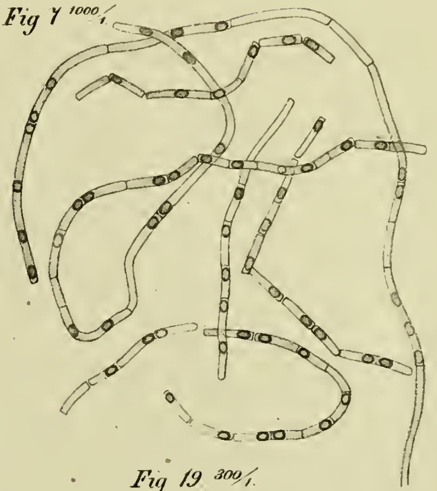

Fig 2 300/1

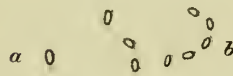

Fig 3 1000/1

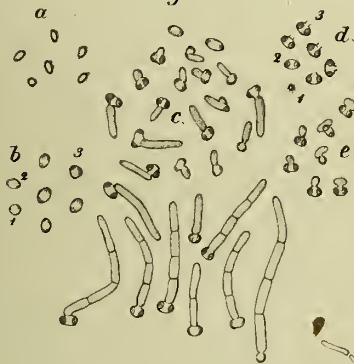

Fig 4 1000/1

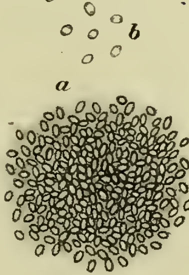

Fig 5 1000/1


Fig 6 630/1


Fig 7 1000/1


Fig 8 1000/1


Fig 11 1000/1


Fig 10 1000/1

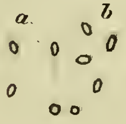

Fig 9 1000/1


Fig 16 630/1


Fig 19 300/1

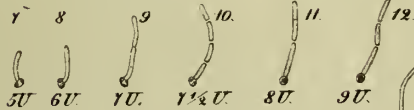

Fig 12 630/1


Fig 17 630/1


Fig 18 630/1

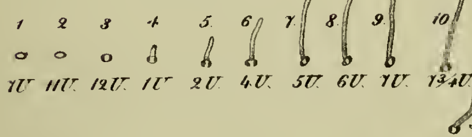
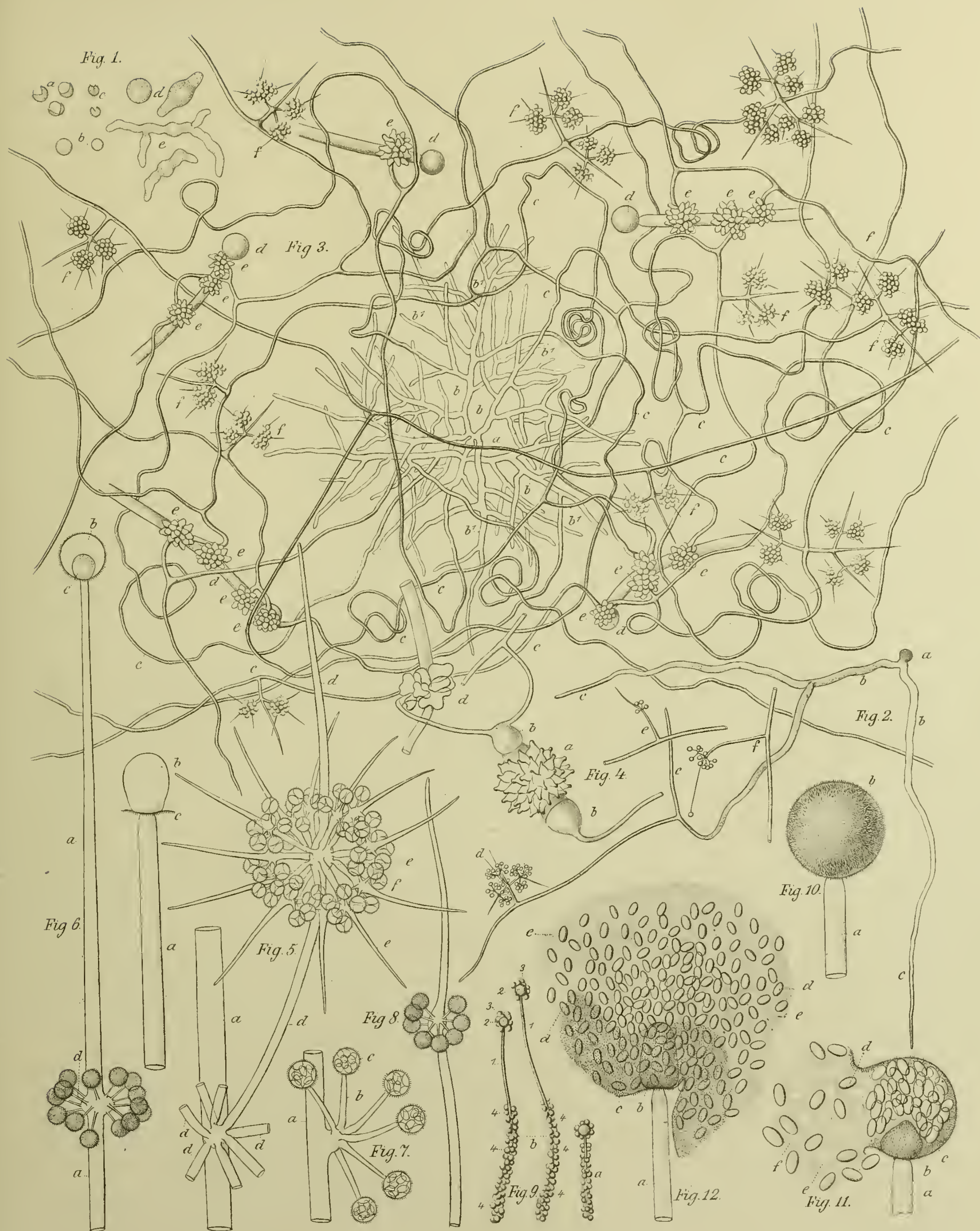

Fig 13 630/1


Fig 14 630/1


Fig 15 630/1

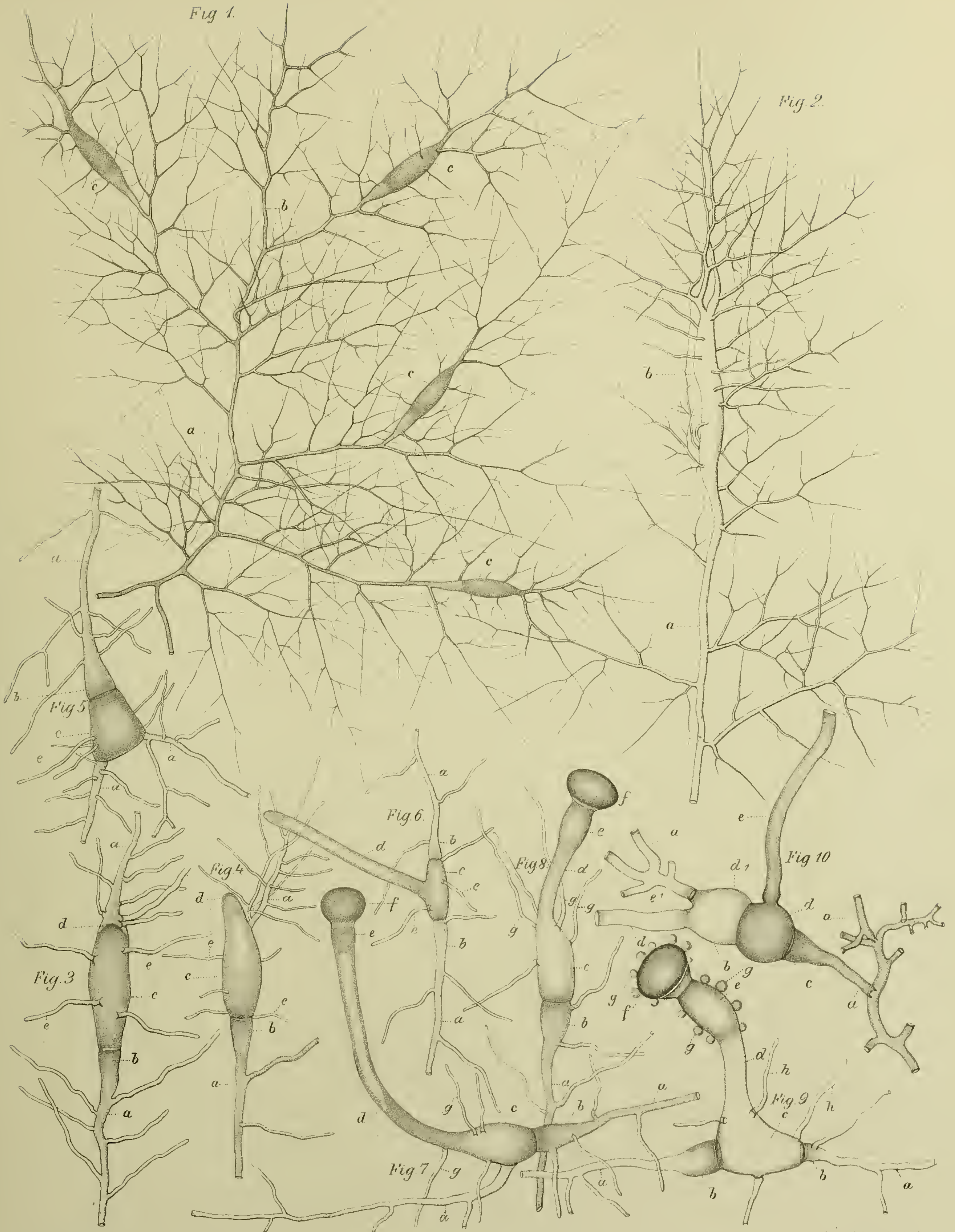
O. Brefeld u. W. Zopf gez.

C. F. Schmidt lith.



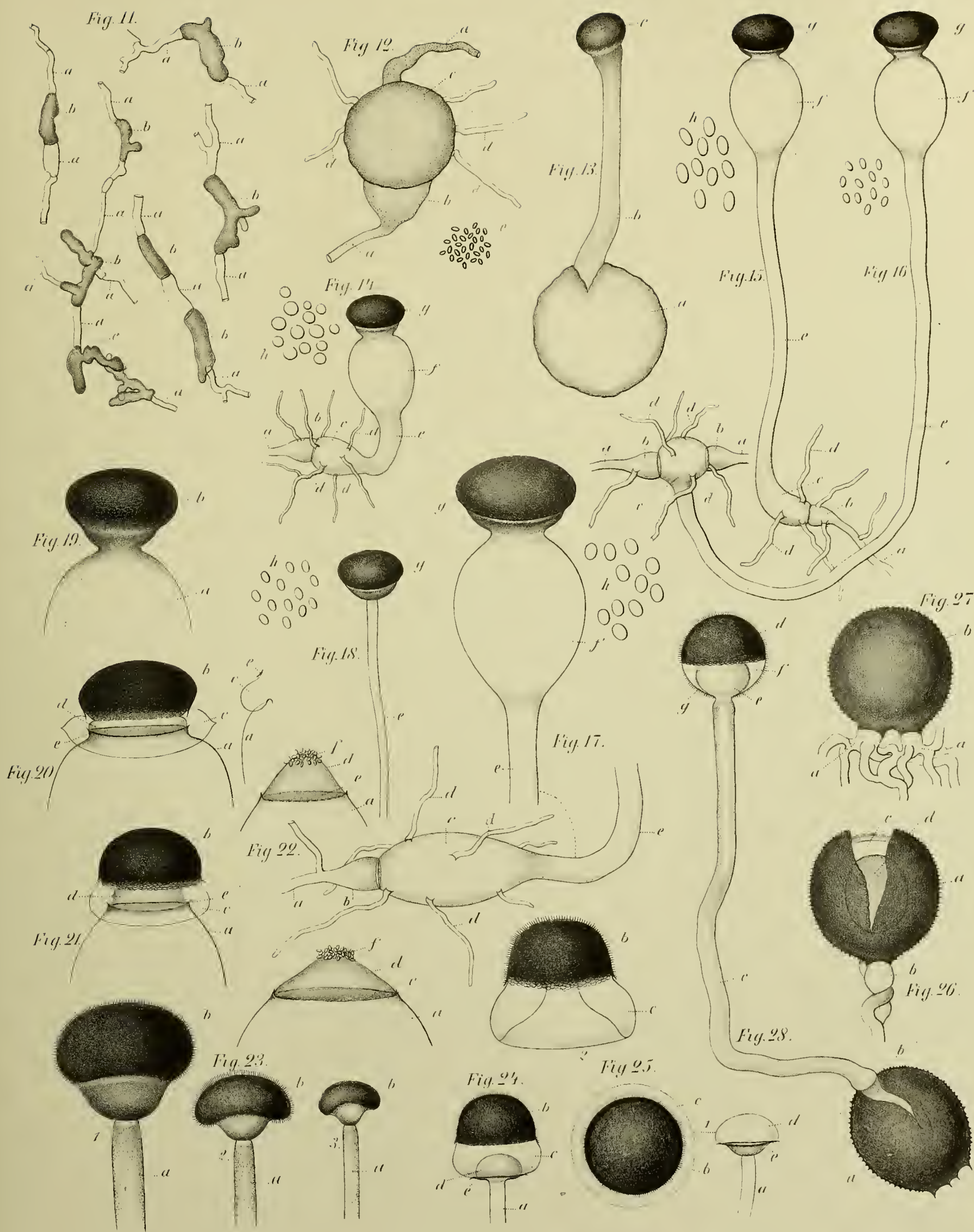
O. Brefeld gez.

C.F. Schmidt lith.



O. Brefeld gez.

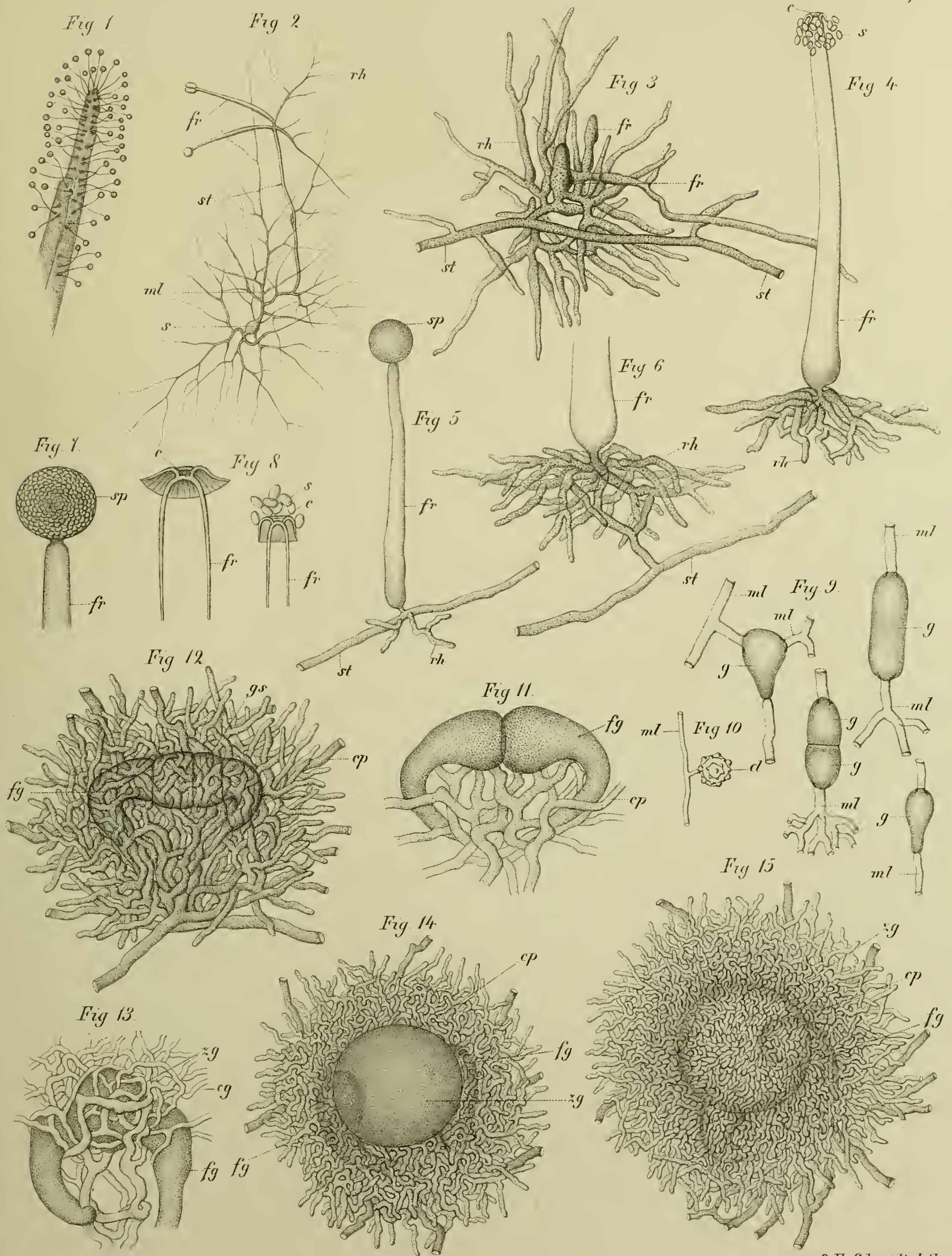
C F Schmidt lith



O. Brefeld gez.

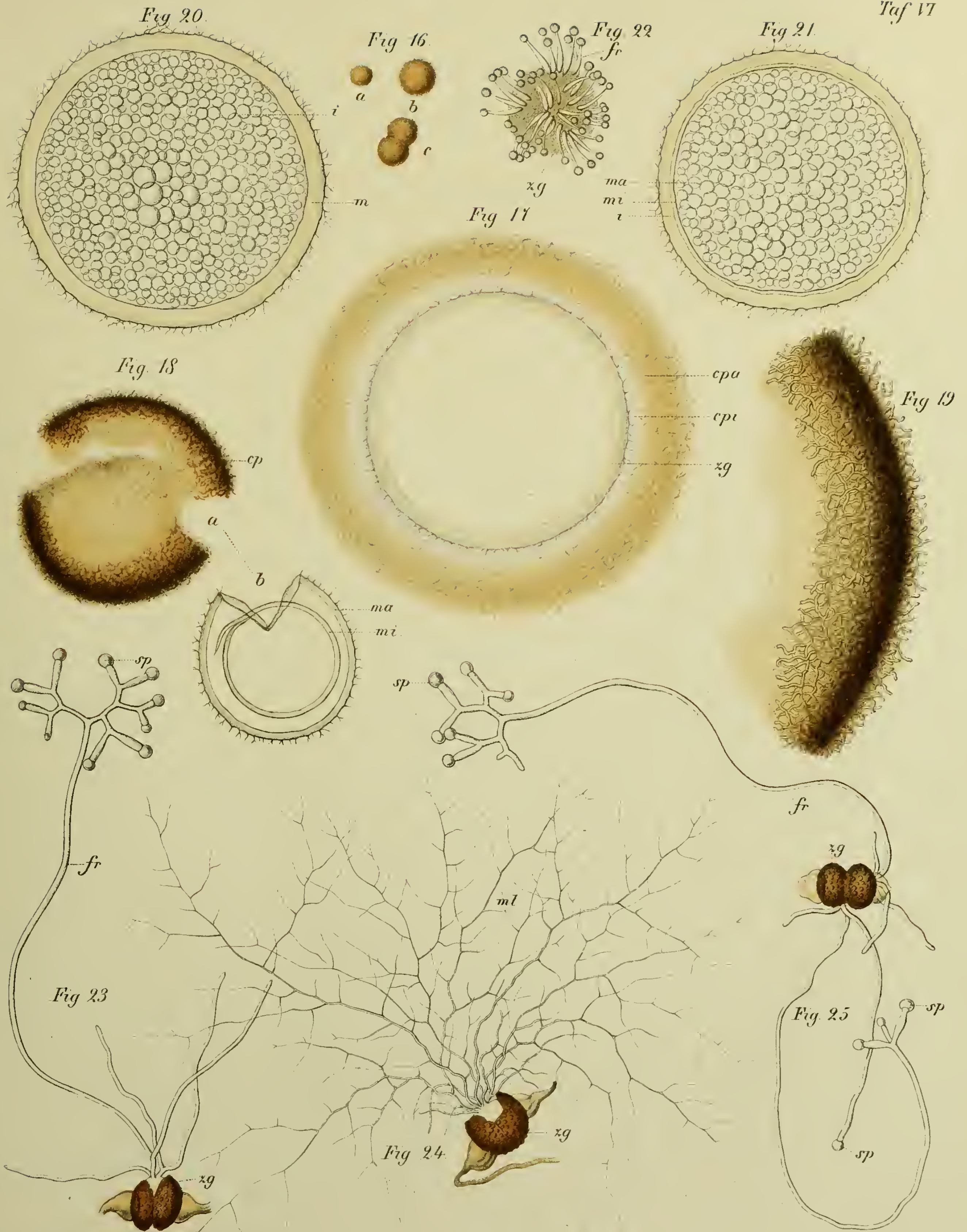
C.F. Schmidt lith.

Taf. V

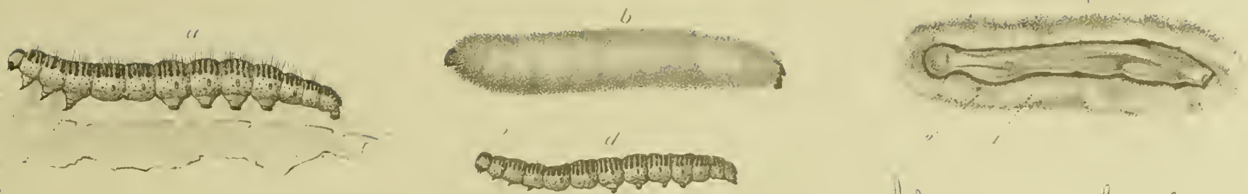


O. Brefeld gez.

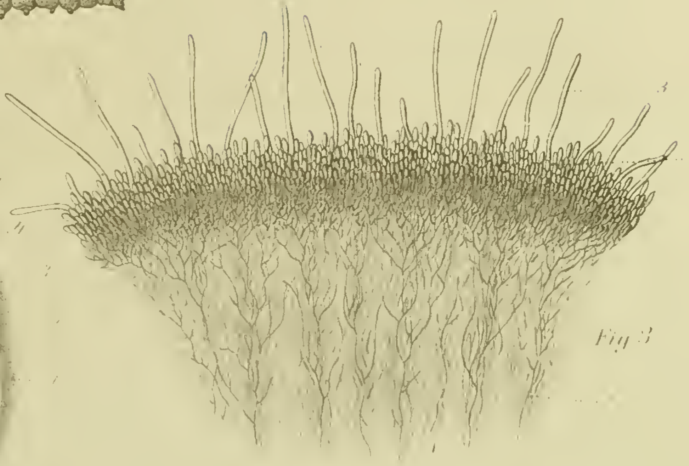
C. F. Schmidt lith.



O Brefeld u W. Zopf gez. C. F. Schmidt lith.

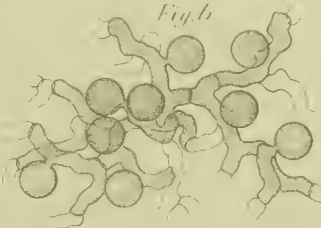




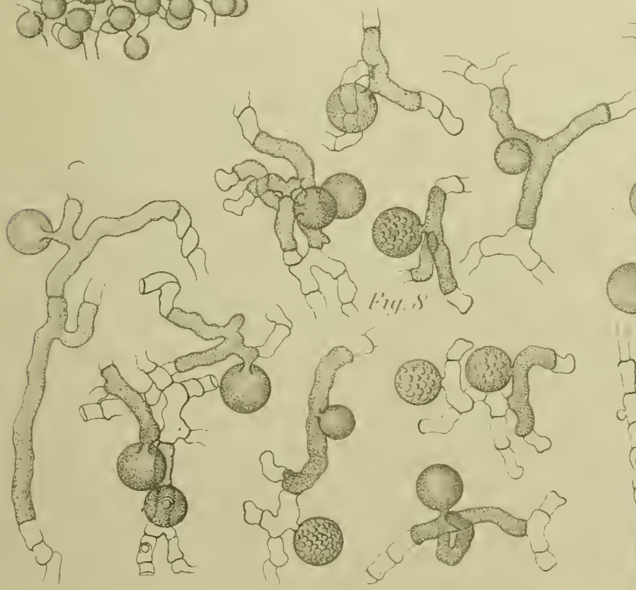


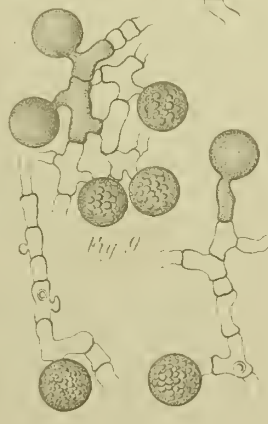


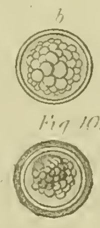


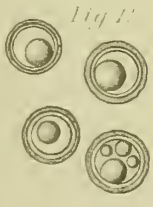


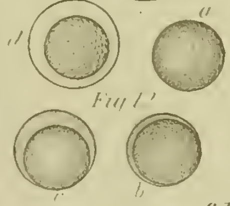








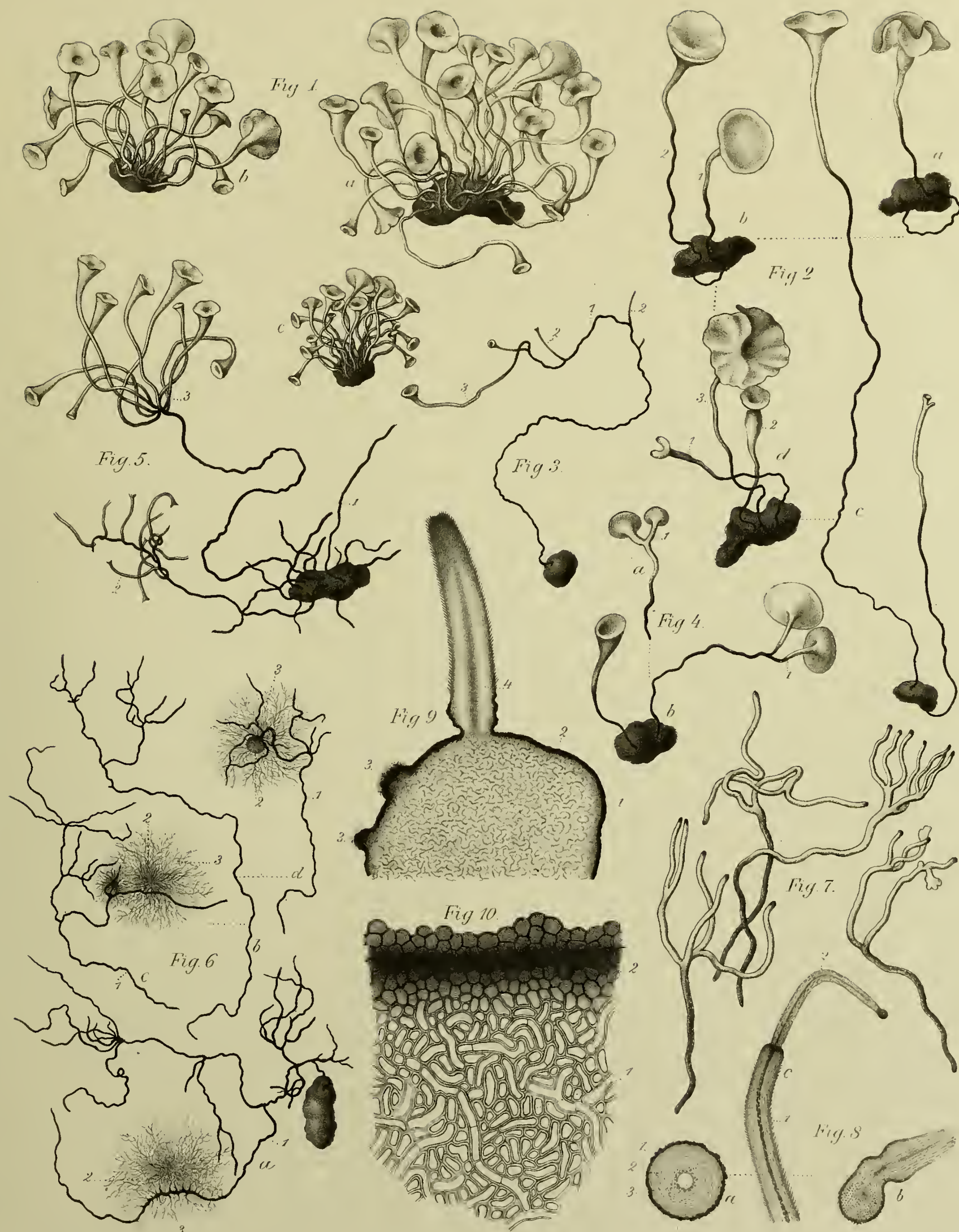






O Brefeld gez.

C F Schmidt lith



O. Brefeld u. W. Zopf gez.

C. F. Schmidt lith.

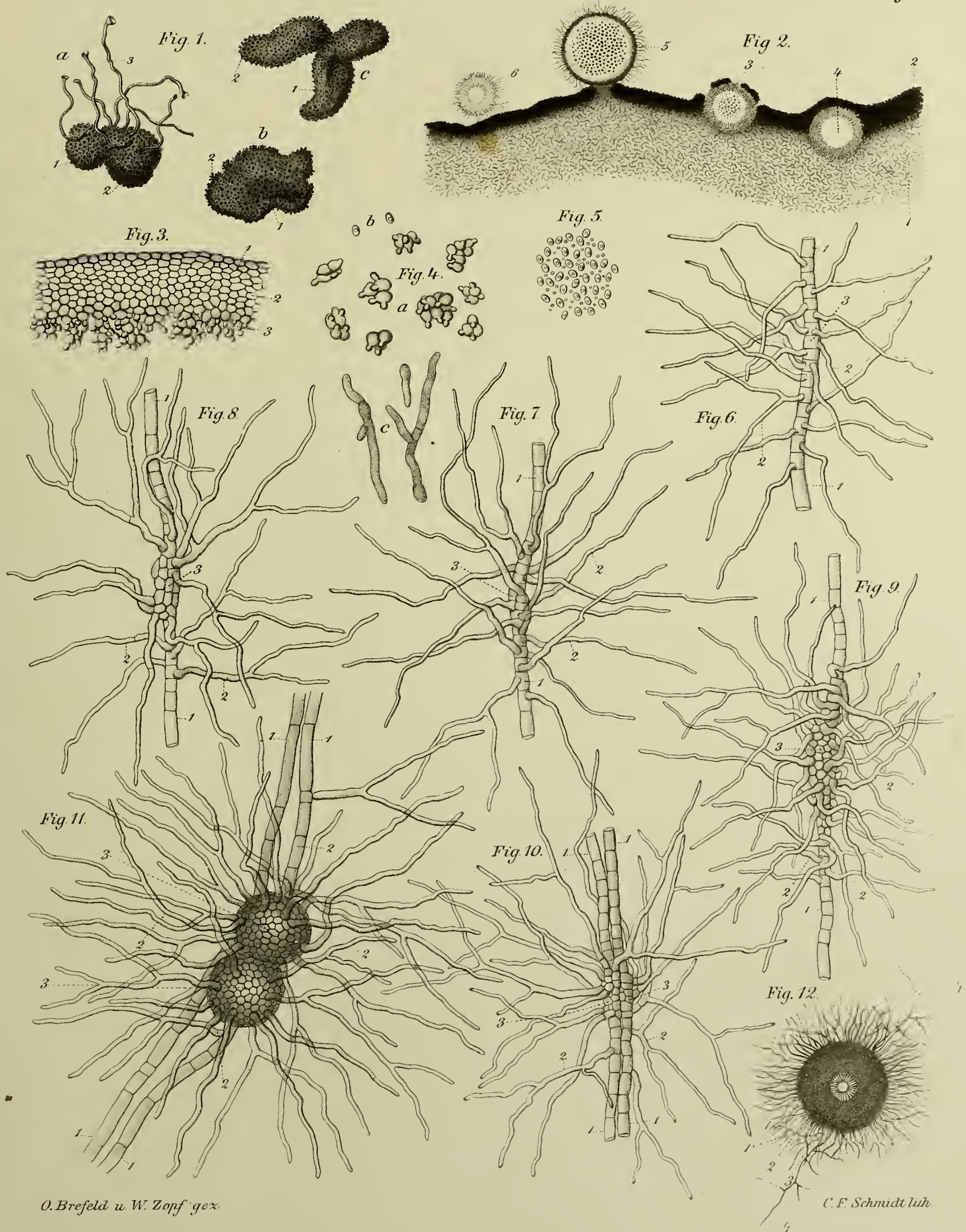
Taf IX.



O Brefeld gez.

C F Schmidt lith

Taf. X



O. Brefeld u. W. Zopf gez.

C. F. Schmidt lith.

20

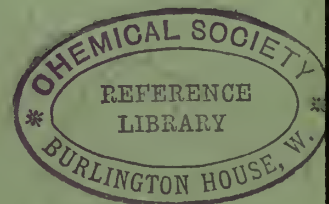
BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

Dr. OSCAR BREFELD.



I. Heft:

Mucor Mucedo, Chantocladium Jones'ii, Piptocephalis Freseniana.

Zygomyceten.

Mit 6 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG,

VERLAG VON ARTHUR FELIX.

1872.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

26 J

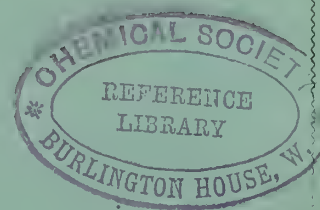
BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

Dr. OSCAR BREFELD.



II. Heft:

Die Entwicklungsgeschichte

von

Penicillium.

Mit 8 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG.
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1874.

Inhalt von Heft I: *Mucor Mucedo, Chaetocladium Jones'ii, Piptocephalis Freseniana.* **Zygomyceten.** Mit 6 lithographirten Tafeln. 1872. Preis $3^2/_3$ Thlr.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

261

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

DR. OSCAR BREFELD.



III. Heft:

Basidiomyceten I.

Mit 11 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG,
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1877.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

2 | 1

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

UNTERSUCHUNGEN AUS DEM GESAMMTGEBIETE DER MYKOLOGIE

VON

DR. OSCAR BREFELD.



IV. Heft:

1. Culturmethoden zur Untersuchung der Pilze. 2. Bacillus subtilis. 3. Chaetocladium Fresenianum. 4. Pilobolus. 5. Mortierella Rostafinskii. 6. Entomophthora radicans. 7. Peziza tuberosa und P. Sclerotiorum. 8. Picnis sclerotivora. 9. Weitere Untersuchungen von verschiedenen Ascomyceten. 10. Bemerkungen zur vergleichenden Morphologie der Ascomyceten. 11. Zur vergleichenden Morphologie der Pilze.

Mit 10 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG

VERLAG VON ARTHUR FELIX

1881.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

